وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الجنوبية
المعهد التقني / الشطرة
قسم الانتاج النباتي

الحقيبة التعليمية

المادة

عناية وخزن

Post-harvest

مدرس المادة

حسين عليوي عنبر

اهمية وقواعد تخزين الفواكه والخضر (تابع للمحاضرة الاولى)

١. تنظيم تسويق المحاصيل والتغلب على تباين الاسعار
٢. تقليل تلف ثمار الفواكه والخضر
٣. تسهيل شحت الثمار الى الاسواق البعيدة
٤. اطالة فترة ظهور المحصول في السوق
٥. خزن التقاوي الخاصة بالزراعة في حاله جيدة مثل تقاوي البطاطا والبصل والثوم

طرق الخزن:

١. الخزن على الاشجار : هي عملية ترك الثمار على الاشجار عن اكتمال نموها مثل ثمار الحمضيات خاصة البرتقال والكريب فروت حيث يمكن خزنها على الاشجار لمدة ٢-٣ شهر الا ان بقاء الثمار على الاشجار يقلل من قيمتها النوعية والغذائية .
٢. التخزين في الحقل : تمتاز بكونها قليلة التكاليف ولكن نسبة تلف الثمار تكون عالية جداً كما هو الحال عند ترك محصول البطاطا والبصل في التربة لحين التسويق . كما ان ترك المحصول في الظل تحت الاشجار يعتبر جيد ولكن لفترة قليلة .

٣. الخزن في غرف مهواة : وهي غرف كبيرة ذات تهوية جيدة تساعد في الاحتفاظ برطوبة مناسبة لمنع ذبول الثمار . كما يجب منع دخول الضوء المباشر الى هذه الغرف لأنه يؤدي الى تلف الثمار وازالة الوانها من عيوب هذه الطريقة لا يمكن التحكم بدرجات الحرارة والرطوبة قيها وبهذا تكون نسبة التلف عالية في الثمار بسبب ارتفاع سرعة التنفس . يمكن ان تخزن ثمار التفاح والموز والليمون في مناطق ذات الجو المعتدل .

٤. الخزن بالتبريد : وهو الخزن بدرجات حرارة منخفضة للسيطرة على العمليات الفسلجيه مثل النتح والتبخير والتنفس والنمو والتزريع . كما يمكن السيطرة على نمو وانتشار الاحياء المجهرية المسببة للإمراض .

ان فؤائد الخزن بالتبريد هي تقليل سرعة التنفس وذلك لان الحرارة المنخفضة تضاعف مدة الخزن عدة مرات وذلك بتأخر او ايقاف التفاعلات الحيوية التي تؤدي الى النضج ، كما ان الخزن بالتبريد يؤدي الى التقليل من الفقدان في الوزن نتيجة تقليل التبخر والنتح في الثمار .

تقسيم الحاصلات البستانية

ان محاصيل الفواكه والخضر تضم مجاميع كبيرة وغير متجانسة من الثمار والخضر فهناك الخضر الورقية والساقية والبصلية والجذرية والزهرية . وهذه المجاميع تختلف اختلافاً كبيراً في صفاتها المورفولوجية والتشريحية كما تختلف في التغيرات الكيمياوية التي تحدث اثناء النمو والنضج .

انه لمن المهم دراسة التغيرات المورفولوجية والتشريحية لمحاصيل الفواكه والخضر لانها تفيد في معرفة طبيعة الجزء الذي يؤكل من الثمار والتغيرات التي تحدث في ذلك الجزء اثناء الخزن كما انها تساعد في معرفة متطلبات الحصاد والتعبئة والشحن والخزن والاضرار التي تحدث للثمار اثناء الخزن .

هناك طرق عديدة لتقسيم الحاصلات البستانية واهم هذه الطرق :ـ

اولاً : التقسيم البستاني :

وفيه تقسم الحاصلات البستانية الى ثمار الفاكهة ومحاصيل الخضر ونباتات الزينة والنباتات الطبية والعطرية . والمخطط التالي يوضح التقسيم البستاني للمحاصيل البستانية :ـ

أ = محاصيل الخضر

- خضر ورقية — مثل السبانغ . السلق . الخس . الكرفس .
- خضر جذرية — مثل الجزر . الفجل . البطاطا الحلوة
- خضر ثمرية
  - قرعية مثل الخيار . القرع . الرقي . البطيخ .
  - باذنجانية مثل الفلفل . الباذنجان .
  - بقولية مثل الفاصوليا . الباقلاء . العدس .
- خضر درنية — مثل البطاطا الاعتيادية .
- خضر زهرية — مثل القرنابيط . البروكلي . الخرشوف .
- خضر بصلية — مثل البصل والثوم .

ب = ثمار الفاكهة وتشمل

- الفاكهة المتساقطة الاوراق مثل العنب . الرمان .
- الفاكهة المستديمة الخضرة مثل الحمضيات .
- الزيتون .

جـ = نباتات الزينة وتشمل

- أزهار حولية .
- أزهار محمولة .
- نباتات معمرة .
- شجيرات .
- أشجار الغابات .

د = النباتات الطبية والعطرية

- النباتات الطبية .
- النباتات العطرية

ثانياً : التقسيم حسب القابلية الخزنية :

ان المحاصيل البستانية تختلف في قابليتها على تحمل عمليات الشحن والتداول والخزن وفي ضوء هذه الاختلافات يمكننا تقسيم الحاصلات الى ثلاث مجاميع هي : ـ

أ ـ محاصيل سريعة التلف : ـ Highly perishable

وهي المحاصيل التي تكون حساسة لعمليات التداول والشحن ولا تتحمل الخزن اكثر من ٢ ـ ٣ اسبوع وتشمل الشليك . المشمش . التين . الخضر الورقية والزهرية . وتتميز هذه المجموعة باحتواء ثمارها على نسبة عالية من الرطوبة كما ان معظمها يجب ان ينضج على النبات لذا لا يمكن قطفها قبل النضج .

ب ـ محاصيل متوسطة التلف : Moderately perishable

وتكون هذه المحاصيل ذات سرعة تلف متوسطة وتتحمل عمليات التداول والشحن لفترة قصيرة ويمكن خزنها لفترة (١ ـ ٢) شهر كحد اعلى . مثل الطماطة . البطيخ . العنب الخوخ . وتمتاز ثمار هذه المجموعة باحتوائها على رطوبة عالية وان الجزء الذي يؤكل يشمل معظم او كل الثمرة .

جـ ـ محاصيل قليلة التلف : ـ Non-perishable

ان محاصيل هذه المجموعة لها القابلية على تحمل عمليات التداول والشحن والخزن الطويل حيث يمكن خزنها لمدة (٥ ـ ١٢) شهر مثل البطاطا . البصل . التفاح . ثمار النقل (الجوز . اللوز . والبيكان) . وتمتاز هذه الثمار بانخفاض محتواها من الماء ويمكن حصادها في مرحلة البلوغ لان معظمها يمكن ان ينضج بعد الحصاد .

ثالثاً : التقسيم الثمري :

قبل البدء بتوضيح هذا التقسيم لابد لنا ان نعرف ما الثمرة فالتعريف النباتي للثمرة يذكر انها عبارة عن مبيض الزهرة النامي مع الاجزاء الملحقة به . اما التعريف البستاني فهو ان الثمرة عبارة عن اي جزء يؤكل من النبات . لذا من الناحية البستانية تعتبر درنات البطاطا او ابصال البصل وازهار القرنابيط واوراق الخس واللهانة جميعها ثمار ولكن هذا التعريف لا يتفق مع المفهوم العلمي للثمرة . على اية حال يمكن تقسيم الحاصلات البستانية في ضوء مفهوم الثمرة الى : ـ

ا ـ **المحاصيل الثمرية :** ـ وتضم كافة المحاصيل التي تنتج عن تطور الزهرة او اجزائها بغض النظر عن كونها ثماراً حقيقية او كاذبة . ثماراً بسيطة او مركبة .

ب ـ **المحاصيل غير الثمرية :** ـ وتضم المحاصيل البستانية التي لا تنتج عن تطور الزهرة واجزائها وتشمل المحاصيل الزهرية والورقية والساقية والدرنية والجذرية والبصلية .

رابعاً : التقسيم المورفولوجي :

في ضوء التشابه والاختلاف في الصفات المورفولوجية والتشريحية للمحاصيل البستانية يمكن تقسيمها الى ما يلي : ـ

أ-الثمار التفاحية pomes وتشمل

١ ـ ثمار تفاحية بسيطة مثل التفاح والكمثرى والسفرجل .
٢ ـ ثمار تفاحية مركبة مثل الرمان .

ب ـ الثمار العنبية Berries وتشمل

١ ـ ثماراً عنبية حقيقية مثل العنب والطماطة .
٢ ـ ثماراً عنبية كاذبة مثل الموز والاناناس .

جـ ـ الثمار الحسلية (وحيدة النواة) Drupes وتشمل : ـ

١ ـ ثماراً بسيطة مثل المشمش والاجاص واللوز والخوخ والزيتون .
٢ ـ ثماراً مركبة مثل التين والتوت .

د ـ الحمضيات Hesperidia وتشمل : ـ

ثمار البرتقال والليمون والسندي والاترج وغيرها .

هـ ـ الثمار الاكينية (الفقيرة) Achenes :

مثل ثمرة الشليك التي تعتبر ثمرة مركبة كاذبة تتكون من مجموعة من الثميرات .

و ـ ثمار النقل Nuts : ـ

مثل الجوز . البندق . جوز الهند .

ز ـ الثمار البقولية Legumes :

مثل البزاليا . الباقلاء . الفاصوليا . اللوبيا .

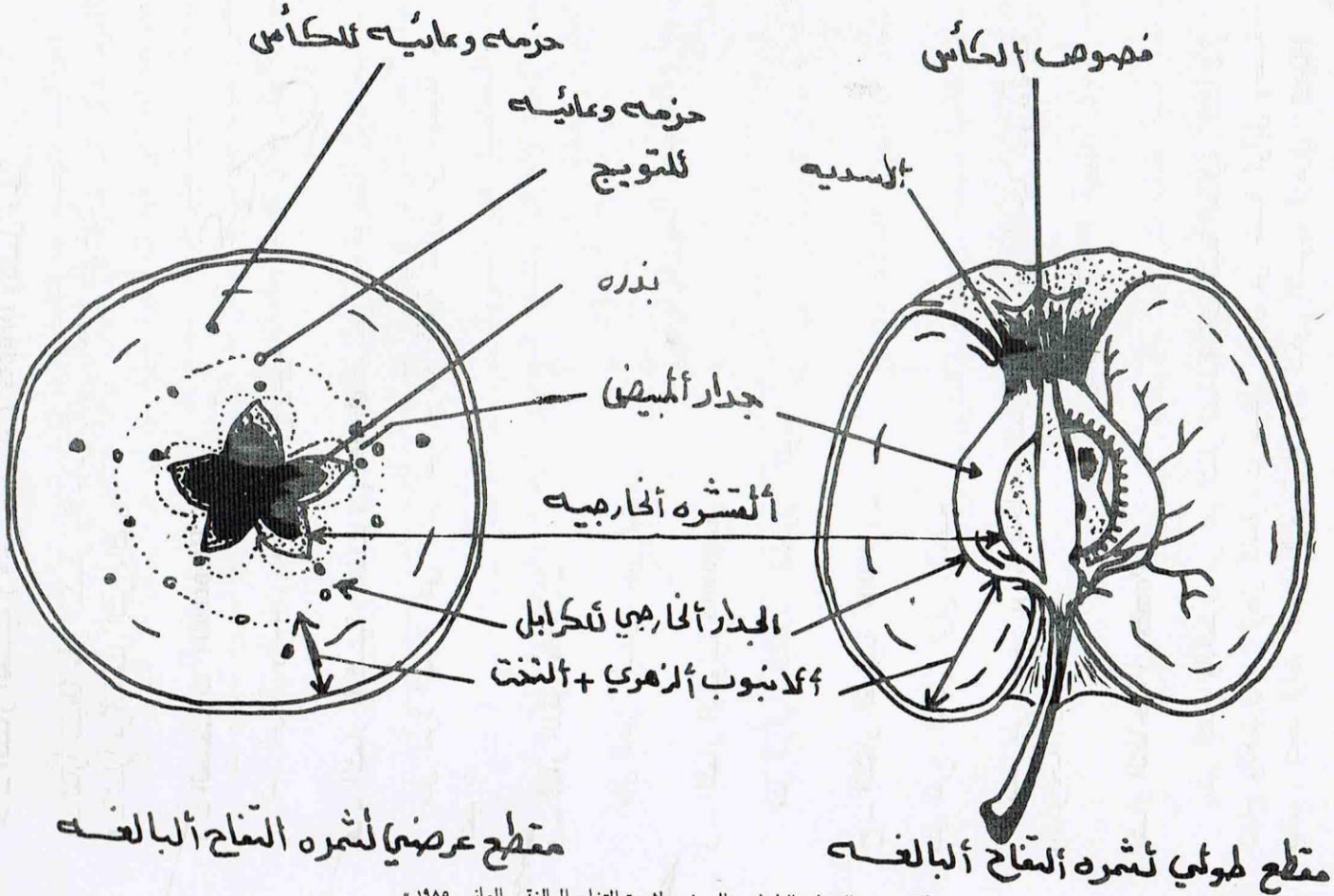
ح ـ الثمار القرعية pepos : ـ

مثل القرع . الخيار . الرقي . البطيخ .

وفيما يلي وصف موجز لمجاميع الثمار المقسمة من الناحية المورفولوجية والتشريحية : ـ

الثمار التفاحية : ـ Pomes

يعتبر التفاح والكمثرى من اهم الثمار التفاحية ذات القيمة الغذائية . تنشأ ثمار التفاح والكمثرى من ازهار كاملة ذات مبيض يتكون من خمسة كرابل وخمسة مياسم . تتحد قواعد الاجزاء الزهرية الاخرى لتكون الانبوب الزهري Floral



شكل « ١ » المقطع الطولي والعرضي لثمرة التفاح البالغة « العاني ١٩٨٥ »

tube الذي يحيط بالمبيض ويكون جزءاً من الثمرة عند البلوغ . يتحد الانبوب الزهري مع جدار المبيض لتكوين الثمرة الكاذبة وهذا الاتحاد يمكن ملاحظته من حدود قلب الثمرة الذي يسمى Core line كما في الشكل (١) . اما فيما يخص ثمرة الرمان فإنها تضاف ضمن هذه المجموعة لوجود بعض التشابه بينها وبين ثمرة التفاح مثل : ـ

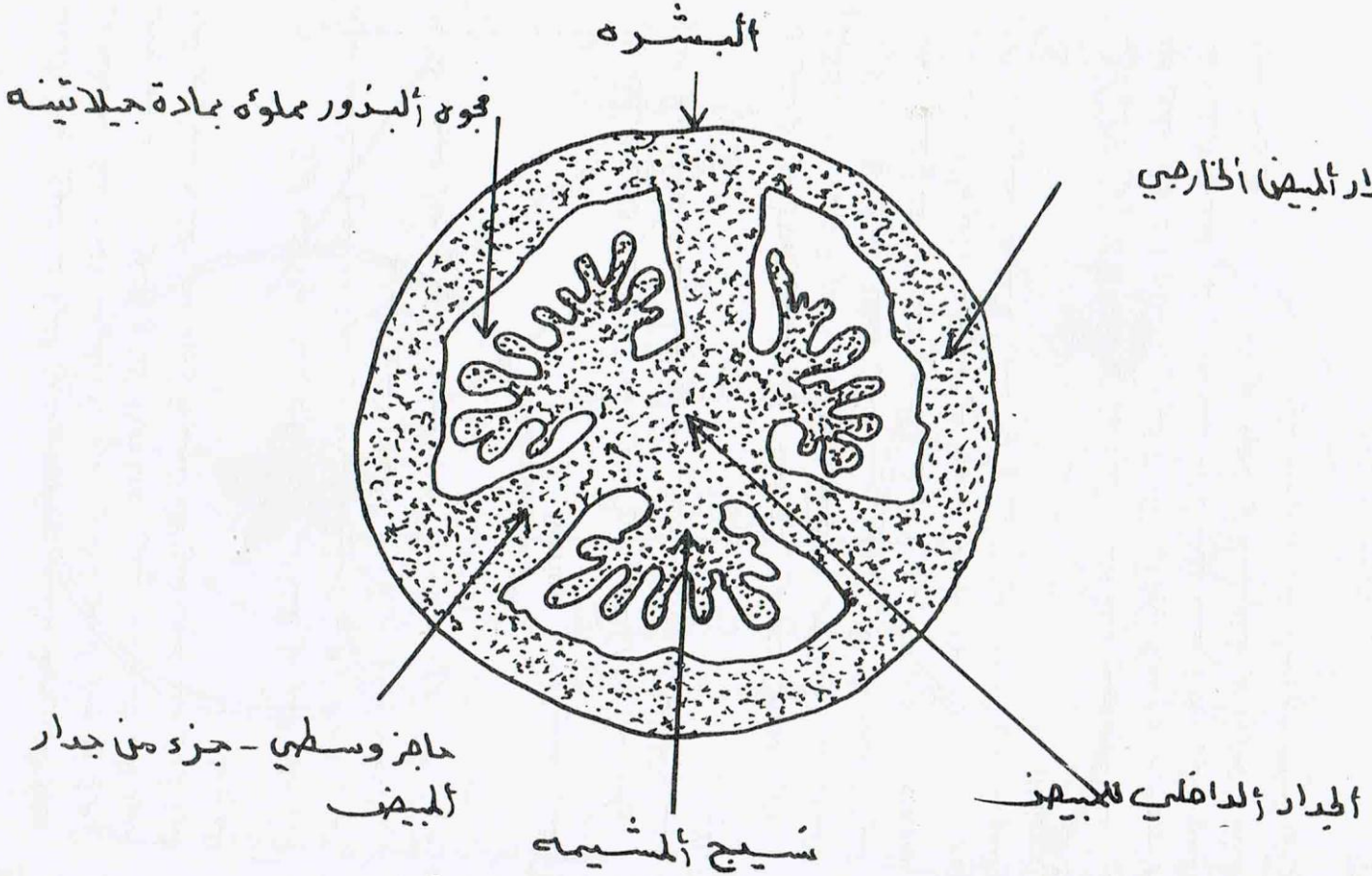
١ ـ احتواء الثمار على طبقة اندوكارب جلدية او ذات قوام يشبه الورق .
٢ ـ ان الاجزاء الزهرية الاضافية لا تتساقط من الثمرة عند النضج حيث نجد الثمرة الناضجة تحتوي على الاوراق الكأسية والاسدية والمياسم .
٣ ـ إن ثمرة الرمان تتكون من التحام الانبوب الزهري مع جدار المبيض كما في ثمرة التفاح .

الثمار العنبية : Berries

وهذه الثمار اما ان تتكون من مبيض واحد كما في الثمار العنبية البسيطة مثل العنب والطماطة او من عدة مبايض كما في الثمار العنبية المركبة مثل الموز والاناناس .

فثمرة الطماطة تنتج عن زهرة كاملة وحيدة المبيض تحتوي على كربلتين في الاصناف البرية وعلى ٣ ـ ١٨ كربلة في الاصناف التجارية شكل « ٢ » وتتكون الثمرة الناضجة من الكرابل فقط حيث تتكون منطقة انفصال بين البيركارب pericarp والاجزاء الاخرى كالاوراق الكأسية والتخت اما القلم والميسم فتجف وتزول . ان اجزاء ثمرة الطماطة الناضجة هي البيركارب والحواجز الداخلية بين الفجوات التي تحتوي على البذور والتي تسمى بالمشايم العصارية (1971 (Hulmes) .

عند النضج تصبح جميع طبقات الثمرة عصارية قابلة للاكل وهي الاكسوكارب والميزوكارب والاندوكارب . ان طبقة الاكسوكارب تكون ذات قوام جلدي عند النضج وتكون مغطاة بطبقة شمعية لماعة بينما نجد ان ثمار الطماطة الصغيرة غير البالغة لا تحتوي على طبقة شمعية بل تحتوي على شعيرات غددية على وسط الثمرة والتي تتساقط عند وصول الثمار الى مرحلة البلوغ .



شكل « ٢ » مقطع عرضي لثمرة الطماطة الناضجة « العاني ١٩٨٥ »

الثمار الحسلية : ـ Drupes

وتشمل هذه المجموعة ثمار المشمش والاجاص والخوخ واللوز والزيتون والتي تعتبر ثمار حسلية بسيطة . اما الثمار الحسلية المركبة فتشمل التين والتوت .

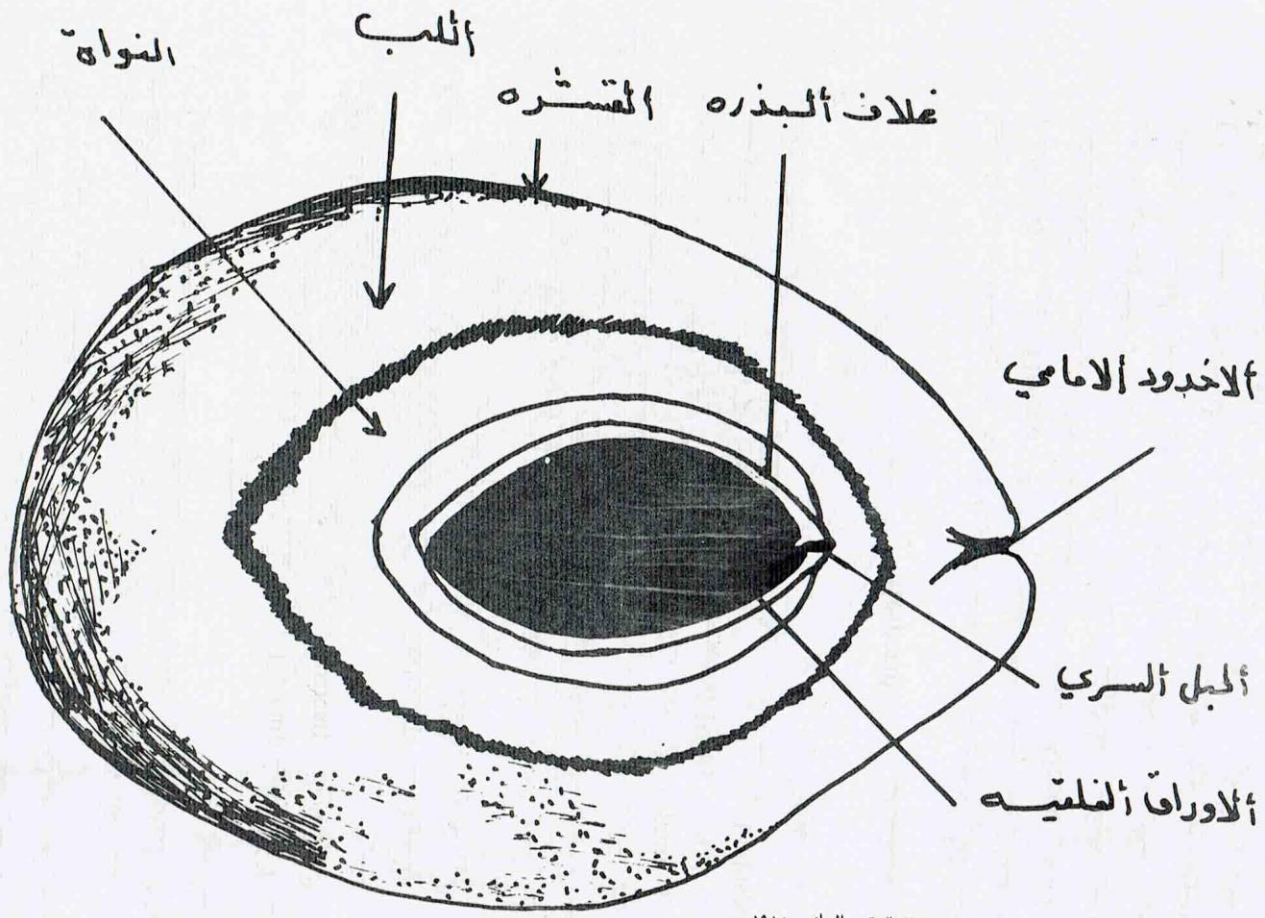
عند اخذ مقطع طولي او عرضي لثمرة المشمش البالغة نجد انها تتكون من ثلاث طبقات تدعى جميعها بالبيركارب وهذه الطبقات موضحة في الشكل (٣) وكما يلي : ـ

١ ـ الاكسوكارب Exocarp وهي الطبقة الخارجية او قشرة الثمرة .
٢ ـ الميزوكارب Mesocarp وهي الجزء اللحمي الذي يؤكل وتكون معظم الثمرة .
٣ـ الاندوكارب Endocarp وهي الجزء الصخري او المتصلب والذي يكون النواة التي تحتوي بداخلها على بذرة واحدة او بذرتين .

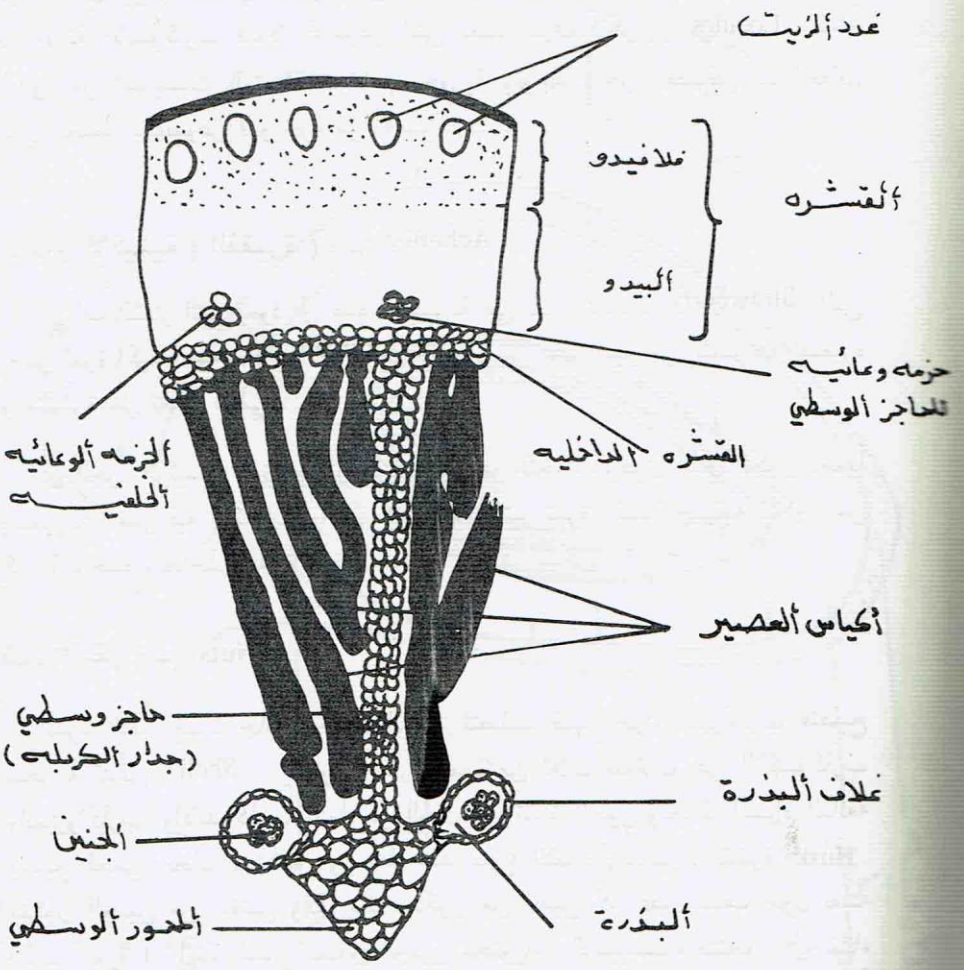
إن الثمار الحسلية البسيطة تتكون من كربلة واحدة تحتوي على بويضتين في معظم الاحيان لكن احدى البويضات قد يحصل لها اجهاض فتموت وتنمو البويضة الاخرى لتكون بذرة واحدة . ان النواة في الثمار الحسلية تتصلب نتيجة ترسب مادة اللكنين Lignin في وقت مبكر من حياة الثمرة ويبدأ التصلب في نهاية مرحلة انقسام الخلايا (Westwood,1978) . وتتكون البذرة من الجنين والاندوسبيرم Endosperm او السويداء ثم يبدأ الجنين بامتصاص السويداء حتى تضمحل وتزول نهائياً عند بلوغ البذرة .

ثمار الحمضيات : ـ Hesperidia

تعتبر ثمار الحمضيات ثماراً عنبية متحورة وتتميز بوجود طبقة جلدية خارجية حاوية غدداً زيتية تسمى هذه الطبقة الفلافيدو Flavedo يلي طبقة الفلافيدو طبقة الالبيدو Albedo البيضاء اللون المتكونة من خلايا برنكيمية مفككة وتتكون القشرة من الطبقتين المذكورتين . اما الجزء الداخلي من الثمرة فيتكون من عدد من الفصوص (شكل ٤) ويتكون كل فص من عدد من الاكياس العصيرية . يختلف عدد الفصوص من نوع لآخر ويتراوح عددها من (١٠) في النارنج والليمون الى (١١) في البرتقال واللالنكي . اما في الاترج فتكون (١٢) وفي الكريب فروت (١٣) (العاني ١٩٨٥) . تعتبر ثمرة الحمضيات ثمرة عنبية متحورة لان معظم البيريكارب



شكل « ٣ » مقطع عرضي لثمرة الخوخ البالغة « العاني ١٩٨٥ » .



شكل « ٤ » مقطع عرضي لثمرة البرتقال « العاني ١٩٨٥ »

تحول الى قوام جلدي يحتوي على غدد زيتية فاصبحت تكوّن قشرة الثمرة وليست الجزء الذي يؤكل كما في الثمار العنبية الحقيقية . إن اكياس العصير تنمو او تتكون من طبقة الاندوكارب فتملأ الفصوص التي تعتبر غرف الكرابل Locules . تنشأ البذور من البويضات المتصلة بمشايم محورية وتوجد داخل الفصوص اما الغلاف الذي يحيط بالفصوص فهو جزء من الاندوكارب .

الثمار الاكينية (الفقيرة) : ـ Achenes

ان اهم الثمار التي تعود الى هذه المجموعة هي ثمار الشليك Strawberry التي تعتبر ثمرة اكينية متجمعة Aggrgate تحتوي على عدد كبير من الثميرات الصغيرة والمنتشرة على تخت لحمي .

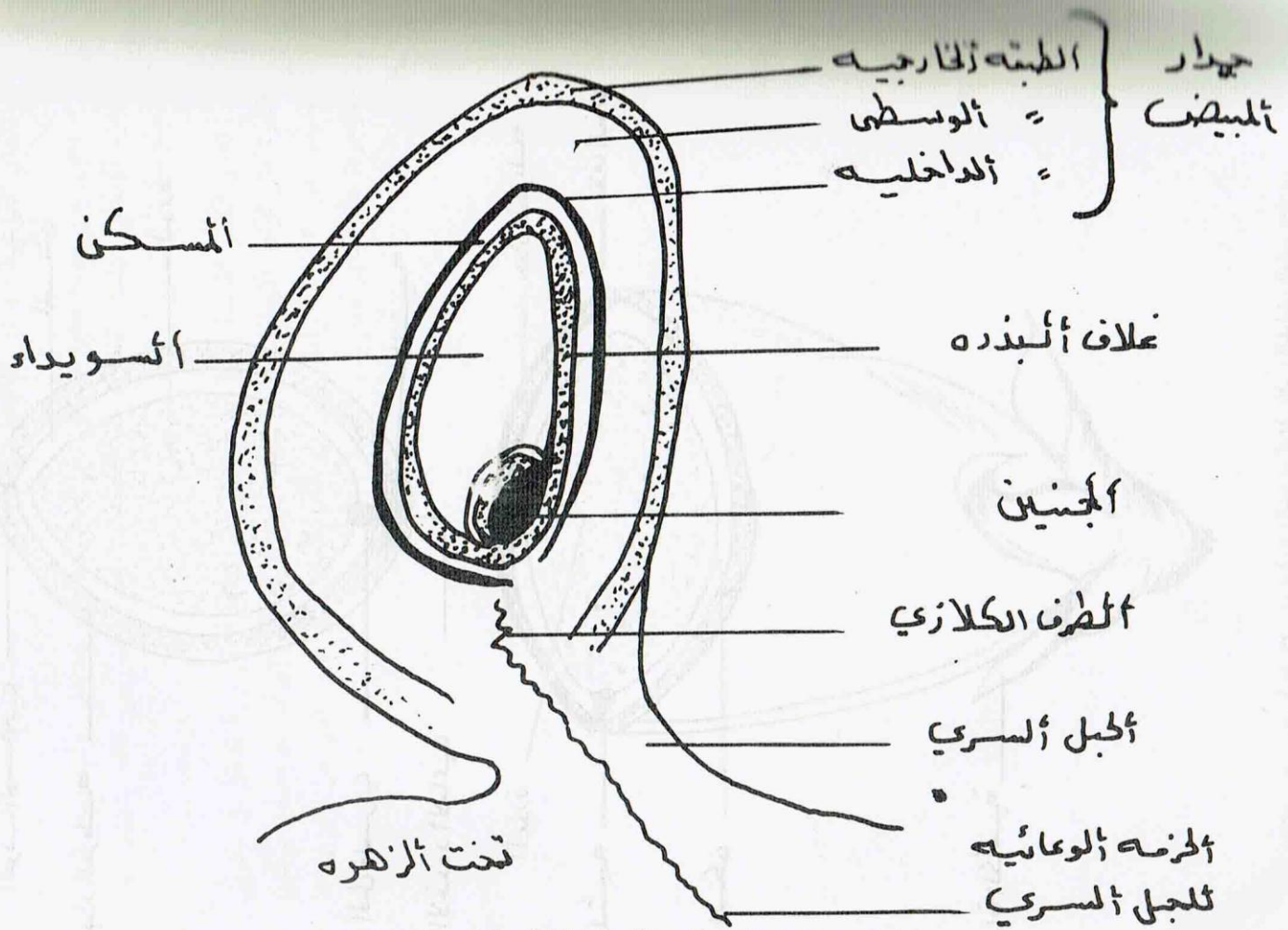
ان الجزء الرئيسي الذي يؤكل من الثمرة هو التخت الزهري الذي يكون لحمياً وعصيرياً تنغمر فيه الثميرات والتي كل منها يعتبر ثمرة اكينية حقيقية تتكون من كربلة واحدة وبداخلها بذرة واحدة صغيرة كما في الشكل (٥) .

ثمار النُقل : ـ Nuts

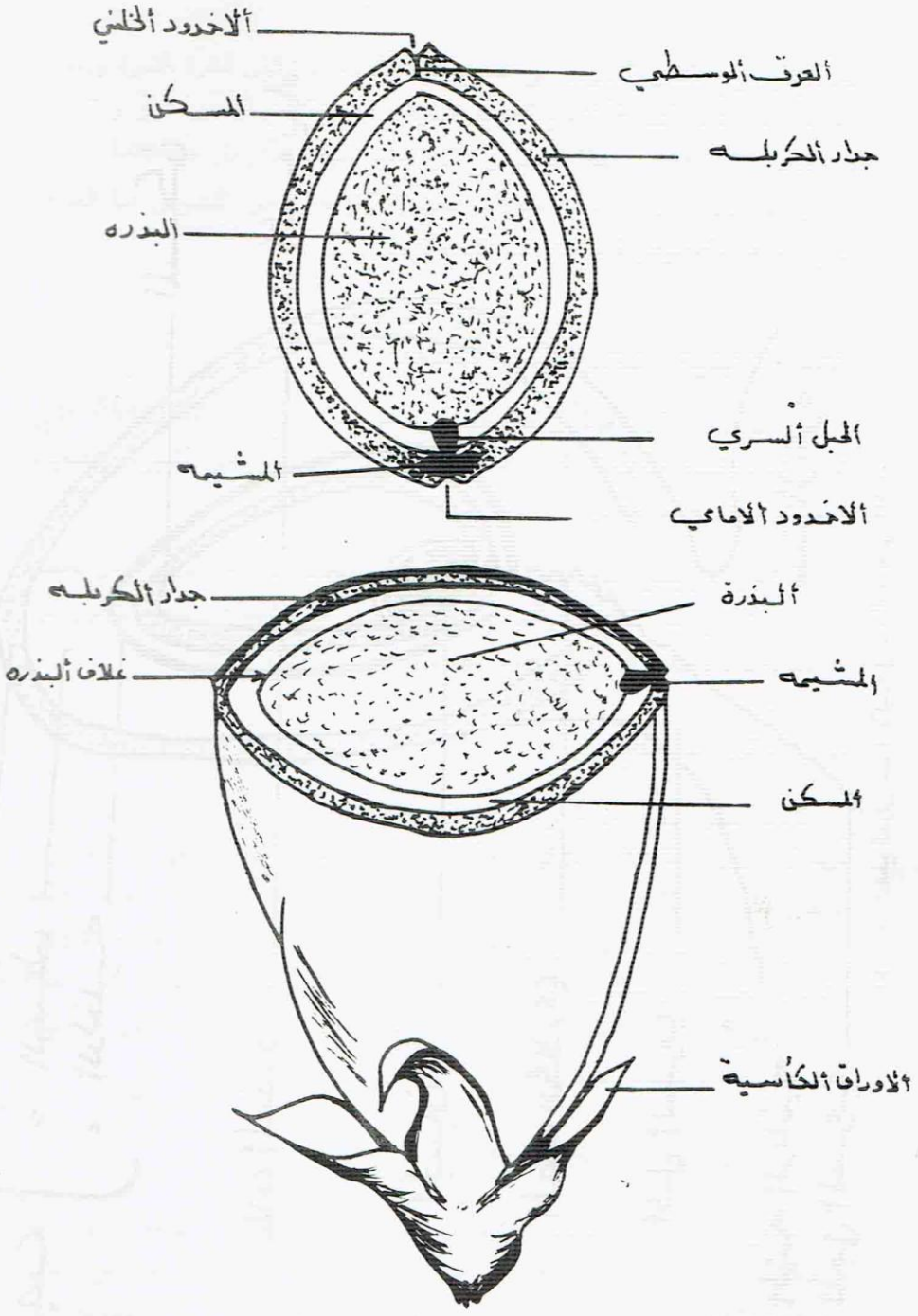
ثمرة النقل ثمرة جافة وحيدة البذرة تتصلب فيها اجزاء البيركارب فتصبح صخرية تدعى Shell . يتكون جدار الثمرة من ثلاث طبقات هي الاكسوكارب والميزوكارب والاندوكارب كما هو الحال في ثمرة الجوز وتحاط الثمرة البالغة بنسيج لحمي يجف ويتشقق ويسقط عند بلوغ الثمرة ويدعى بالقشرة Husk . يتكون الجنين من فلقتين وكل فلقة تتكون من فصين كل فص ملتف حول نفسه (لب الثمرة) . اثناء البلوغ يمتص الجنين محتويات الاندوسبيرم فتتحول الى غشاء جلدي يجف ويتصلب عند النضج .

الثمار البقولية : ـ Legumes

يطلق على الثمار البقولية بالقرون Pods مثل الفاصوليا واللوبيا والبزاليا والباقلاء . تنشأ الثمرة من مبيض ذو كربلة واحدة يتكون بداخلها عدد من البذور يختلف باختلاف الانواع (شكل ٦) . تعتبر الثمار البقولية من الثمار المنشقة لانها تنشق طولياً عند النضج حيث تنتشر بذورها الجافة .



شكل « ٥ » المقطع الطولي للثمرة الأكينية في الشليك « العاني ١٩٨٥ » .

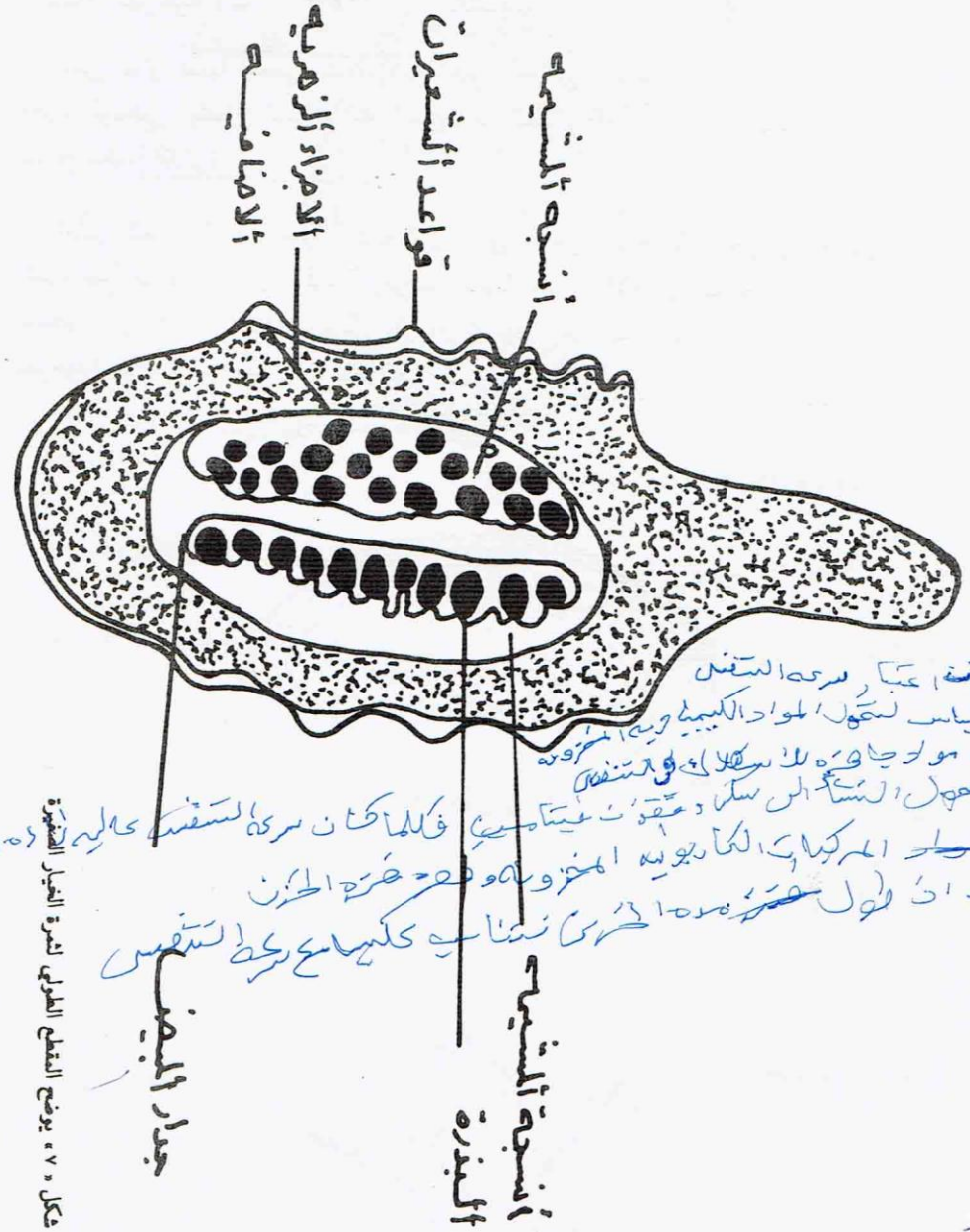


شكل « ٦ » يوضح أجزاء الثمر ثمرة البزاليا الخضراء كمثال للثمرة البقولية « العاني ١٩٨٥ » .

الثمار القرعية : ـ Pepos

وهي ثمار عنبية محورة تتكون من جدار خارجي وداخلي ولب وسطي . ان الجزء الوسطي يشمل المشايم مع البذور اما الجدار الخارجي فإنه يتصلب عند النضج مكوناً القشرة .

تعتبر الثمار القرعية ثماراً كاذبة لان باقي الاجزاء الزهرية تدخل في تكوين الثمرة مثل قواعد الاوراق الكأسية وقواعد المتوك وقواعد الاوراق التويجية . يتكون المبيض من ٣ ـ ٤ كرايل وكل كربلة تحتوي على عدد كبير من البويضات الموجودة على مشايم جدارية (شكل ٧) .



شكل «٧» يوضح القطع الطولي لثمرة القطن العضوية

الفصل الثاني

مراحل تكوين الثمار

تتكون الثمار بشكل عام نتيجة التلقيح والاخصاب لمبيض الزهرة وملحقاته . بعد ذلك تمر الثمرة بعدة مراحل حتى تصل مرحلة النضج . ولا بد من دراسة هذه المراحل لان ذلك يساعدنا في التحكم بمواعيد النضج والحصاد فمثلا يمكننا تبكير النمو والنضج لبعض الثمار مثل التين وتأخير البعض الاخر مثل الحمضيات حسب متطلبات السوق والطاقة الخزنية للبلد . ويمكن تقسيم مراحل تكوين الثمار كما يلي : -

اولاً : مرحلة الازهار Flower Development

تبدأ هذه المرحلة منذ تكوين البرعم الزهري وتنتهي بعد الاخصاب وتساقط الاوراق التويجية . وتعتبر هذه المرحلة من المراحل الحرجة والمهمة في حياة الثمرة حيث تحدث فيها عملية التلقيح pollination والتي بدونها يتوقف نمو الزهرة وربما يعزى ذلك الى انخفاض مستوى الهورمونات في المبايض حيث وجد ان تركيز الجبرلينات والاوكسينات يقل الى الحد الادنى اثناء عملية تفتح الازهار . واذا لم يحدث التلقيح خلال هذه الفترة فان الغذاء ينقطع عن الازهار فتتساقط (1970 , Hulme) . وفي بعض الحالات نجد ان الازهار التي لم يتم تلقيحها تبقى متصلة بالنبات ولاتتساقط الا انها تعاني من نقص شديد في الغذاء كما هو الحال في ثمار الشليك غير الملقحة حيث تتوقف عن النمو وتنكمش ولكنها لاتتساقط .

ثانياً : ـ مرحلة الاخصاب Fertiligation

تبدأ هذه المرحلة بعد اتمام عملية التلقيح . ان الاخصاب يساعد على استمرار العمليات الناتجة من التلقيح ويعود ذلك الى نمو انبوب اللقاح اضافة الى اندماج احدى النواتين الذكريتين مع النواة الانثوية في البويضة واندماج النواة الثانية مع النواتين القطبيتين وهذه العملية تشجع على انتاج الهورمونات من قبل انسجة القلم وهذه الكمية من الهورمونات تنتشر الى الانسجة المجاورة مسببة الزيادة في النمو .

ثالثاً : مرحلة عقد الثمار Fruit set

وتمثل هذه المرحلة النمو السريع لمبيض الزهرة بعد عمليتي التلقيح والاخصاب حيث يزداد التصاق الثمرة الصغيرة بالنبات ثم ذبول البتلات والمتوك . تحتاج الثمار عند عقدها ونموها الى منشط هورموني حيث تقوم مجاميع عديدة من الهورمونات التي يأتي قسم منها عن طريق حبوب اللقاح والقسم الاخر يقوم المبيض بانتاجه ومن هذه الهورمونات مجموعة الاوكسينات والجبرلينات والسايتوكانينات (Crane, 1969) . توجد بعض الانواع من الفاكهة تعقد ثمارها عذريا او بكريا partheno carpy اي بدون اخصاب مثل صنف العنب Thompson Seedless العديم البذور .

رابعاً : مرحلة نمو الثمار Fruit Growth

ان عملية نمو الثمار ترتبط ارتباطا وثيقاً مع عملية الاخصاب . فبعد الاخصاب تتكون اجنة البذور التي تقوم بتنظيم نمو الثمار الصغيرة فيما بعد والدلالة على ذلك سقوط الثمار الصغيرة على الرغم من تلقيح الازهار وذلك لعدم حدوث الاخصاب او قد يحدث التساقط نتيجة موت الجنين وعدم تكوين البذور مما يدل على ان البذرة النامية تعتبر من العوامل المنظمة لنمو الثمرة ومما يؤكد ذلك عند موت البذور نتيجة اجهاض اجنتها نجد ان جزء الثمرة المقابل للبذرة الميتة يتوقف عن النمو بينما ينمو الجزء المقابل للبذرة الحية فيتكون اخدود في الثمرة كما في الثمار التفاحية . كما ان مدى وحجم الثمرة يتناسب مع عدد البذور الموجودة او المتكونة فيها كما في ثمار التفاح وبعض اصناف العنب (West wood, 1978)

ان احتواء البذور على نسبة عالية جداً من الهورمونات يمكن بعض انواع الثمار ان تعقد بدون الحاجة الى التلقيح والدليل على ذلك ان مستخلص البذور غير الناضجة يمكن ان يسبب عقد الثمار بدون تلقيح . حيث امكن عقد ازهار الطماطة والفلفل بمعاملتها بمستخلص بذور الذرة الحلوة غير البالغة (Crane, 1969).

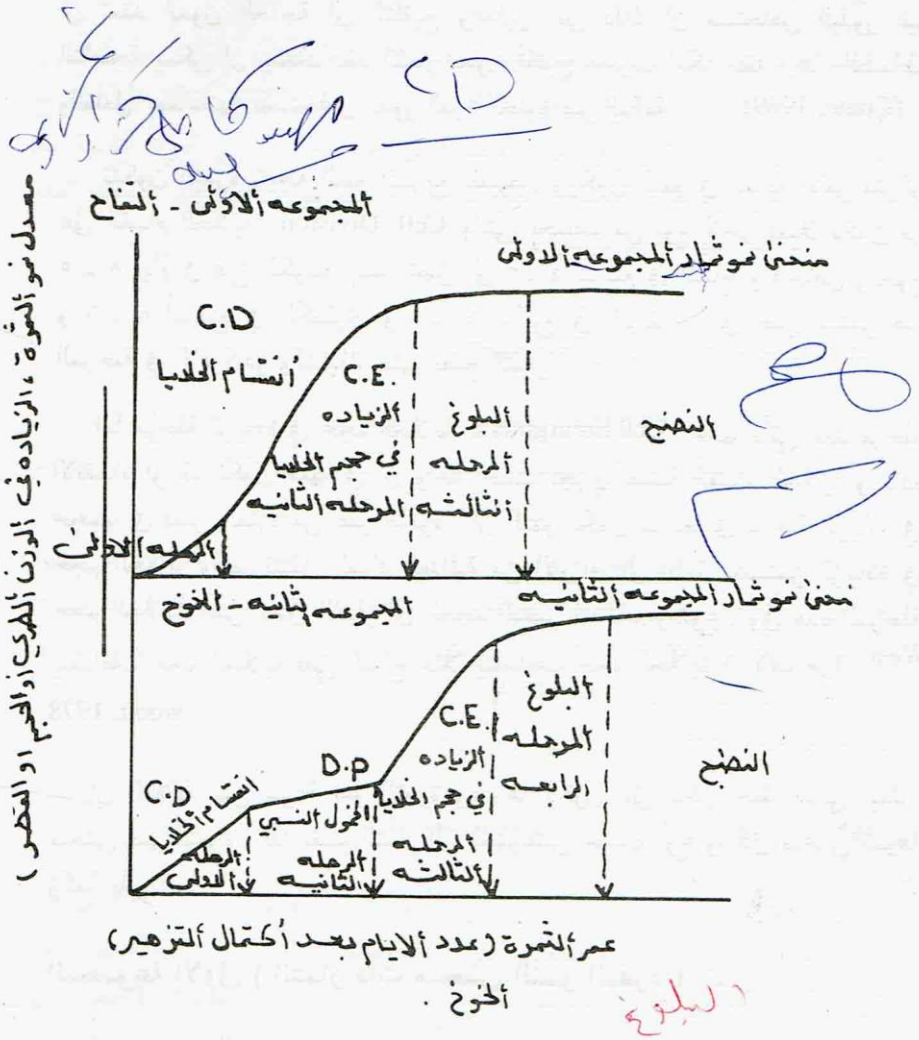
تتكون الثمرة نتيجة النمو السريع للمبيض ويكون النمو في بداية الامر متركزاً على انقسام الخلايا Cell Division والتي تختلف من نوع لاخر فمثلا تكون من ٥ ـ ٨ أيام في قرع الكوسة بينما تصل الى ٣ ـ ٤ اسابيع في التفاح والاجاص والخوخ و ٦ ـ ٨ أسابيع في الكمثرى و ٤ ـ ٩ اسابيع في البرتقال . في حين تستمر هذه المرحلة في الافوكادو والشليك حتى نضج الثمار

اما مرحلة الزيادة في حجم الخلايا Cell Enlargment فانها تأتي بعد مرحلة الانقسام او قد تكون معها في أن واحد حيث تجري عملية انقسام الخلايا وزيادة حجمها في نفس الفترة من عمر الثمرة . ان النمو يكون سريعا في مرحلة الزيادة في حجم الخلايا وفيها تنتقل المواد الغذائية من الاوراق الى الثمار وتستمر الزيادة في حجم الخلايا حتى تصل الثمار الى الحجم المميز للصنف والنوع . وفي هذه المرحلة يتضاعف حجم الخلايا ففي التفاح مثلاً يتضاعف حجم الخلايا ٦ الاف مرة West wood, 1978 .

ان العلاقة بين سرعة نمو الثمرة وعمرها يكون على شكل خط بياني يمثل منحنى نمو الثمرة . لذا تقسم الثمار الى مجموعتين حسب نوع وشكل منحنى نموها وكما يلي : ـ

المجموعة الاولى (الثمار ذات منحنى النمو المفرد) : ـ

ان منحنى النمو في ثمار هذه المجموعة يكون من النوع المفرد (ذو دورة واحدة) ويكون على شكل حرف S ويسمى Single Sigmoid Curve او S-Shaped Curre كما هو موضح في شكل (٨) وتشمل هذه المجموعة الثمار التفاحية والحمضيات والثمر والاناناس والطماطة والبزاليا وثمار العائلة القرعية ومعظم انواع الخضراوات عد الشليك ويتميز منحنى النمو المفرد بوجود ثلاث مراحل هي : ـ



شكل ٨ ـ ٢ يبين منحنى نمو الثمار المفرد والمزدوج (العاني ١٩٨٥) .

١ ـ انقسام الخلايا Cell Division

وفي هذه المرحلة يكون النمو ناتجاً بالدرجة الاولى عن زيادة عدد الخلايا وتتميز ببطء النمو . فمثلا في ثمار الليمون والبرتقال واللالنكي تستمر هذه المرحلة ٦٠ يوما ابتداءً من اليوم الاول من شهر نيسان حتى اليوم الاول من حزيران شكل (9) .

٢ ـ زيادة حجم الخلايا : ـ Cell Enlargment

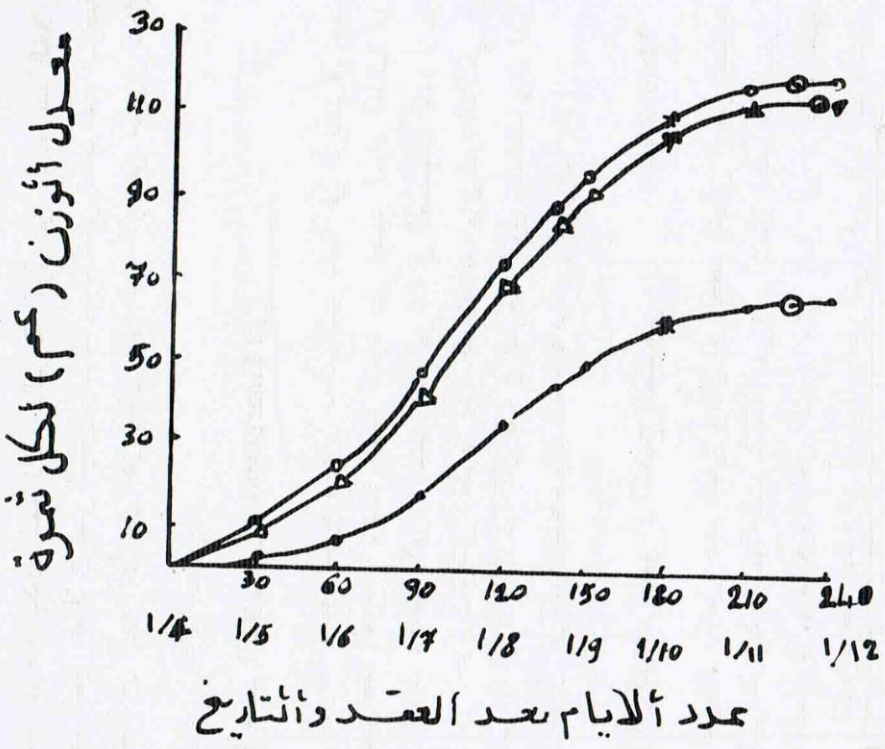
وتسمى بمرحلة النمو السريع ويكون معظم النمو ناتجاً عن الزيادة في حجم الخلايا وتتميز هذه المرحلة بزيادة قابلية الثمرة على تجميع المواد الغذائية من باقي اجزاء النبات وخاصة الاوراق تستمر هذه المرحلة في الحمضيات لمدة أربعة أشهر ابتداءاً من ١ حزيران وحتى ١ تشرين أول . لقد تضاعف وزن ثمرة اللالنكي في نهاية هذه المرحلة الى ٦ مرات عما كان عليه في المرحلة الاولى وتضاعف وزن ثمرة الليمون ٥ مرات أما البرتقال فتضاعف وزن الثمرة ٤ مرات (الجبوري ١٩٨١)

٣ ـ البلوغ أو أكتمال النمو أو النضج الفسلجي : ـ Maturation

في هذه المرحلة يكتمل حجم الثمرة وتصل الى الحجم النهائي المميز للصنف وتمتاز هذه المرحلة ببطء النمو حيث يتوقف النمو بعد أكتمال الحجم مع استمرار التحولات , الكيمياوية والفسلجية داخل الثمرة حتى تصل الى مرحلة النضج Ripening . تعتبر مرحلة البلوغ من أفضل المراحل التي تكون فيها الثمرة مهيأه للخزن حيث أن خزن الثمار قبل هذه المرحلة أو بعدها يجعلها غير مستعدة لتحمل ظروف الخزن فالثمار المخزنة قبل هذه المرحلة تكون عرضة للذبول وفقدان الوزن كما أنها لا تنضج بشكل طبيعي بعد الخزن . أما الثمار المخزنة بعد مرحلة البلوغ فتكون سرعة التنفس فيها عالية كما أن صلابتها تكون قليلة مما يجعلها لا تتحمل التداول والخزن فتكون عرضة للتلف .

المجموعة الثانية « الثمار ذات منحنى النمو المزدوج » : ـ

أن منحنى نمو ثمار هذه المجموعة ذو دورتين ويسمى بمنحنى النمو المزدوج Double-Sigmoid Curve شكل (٨) يمتاز هذا المنحنى بتكونه من أربع مراحل مختلفة من النمو تشمل فترتين من النمو السريع تفصل بينهما فترة من



شكل « ٩ » يوضح منحنى نمو ثمار الحمضيات (الليمون الحامض ، البرتقال ، اللالنكي ، فمثلاً بمعدل الزيادة في الوزن مقدراً بالغرام « الجبوري ١٩٨١ » .

الخمول أو عدم النمو تدعى مرحلة الخمول النسبي تضم هذه المجموعة الثمار التالية : ـ

التين . الزيتون . العنب . التوث . الشليك . المشمش . الخوخ . الاجاص . الكرز « العاني ١٩٨٥ » .

١ ـ مرحلة أنقسام الخلايا Cell Division

في هذه المرحلة تبدأ الزيادة في وزن الثمار بصورة تدريجية وبطيئة . ويختلف طول هذه المرحلة باختلاف الاصناف والانواع فمثلا في المشمش تستغرق (٣٠) يوماً وفي الخوخ (٤٠) يوما أما التين صنف كادوتا فيستغرق (٢٥) يوماً (العاني ١٩٨٥) .

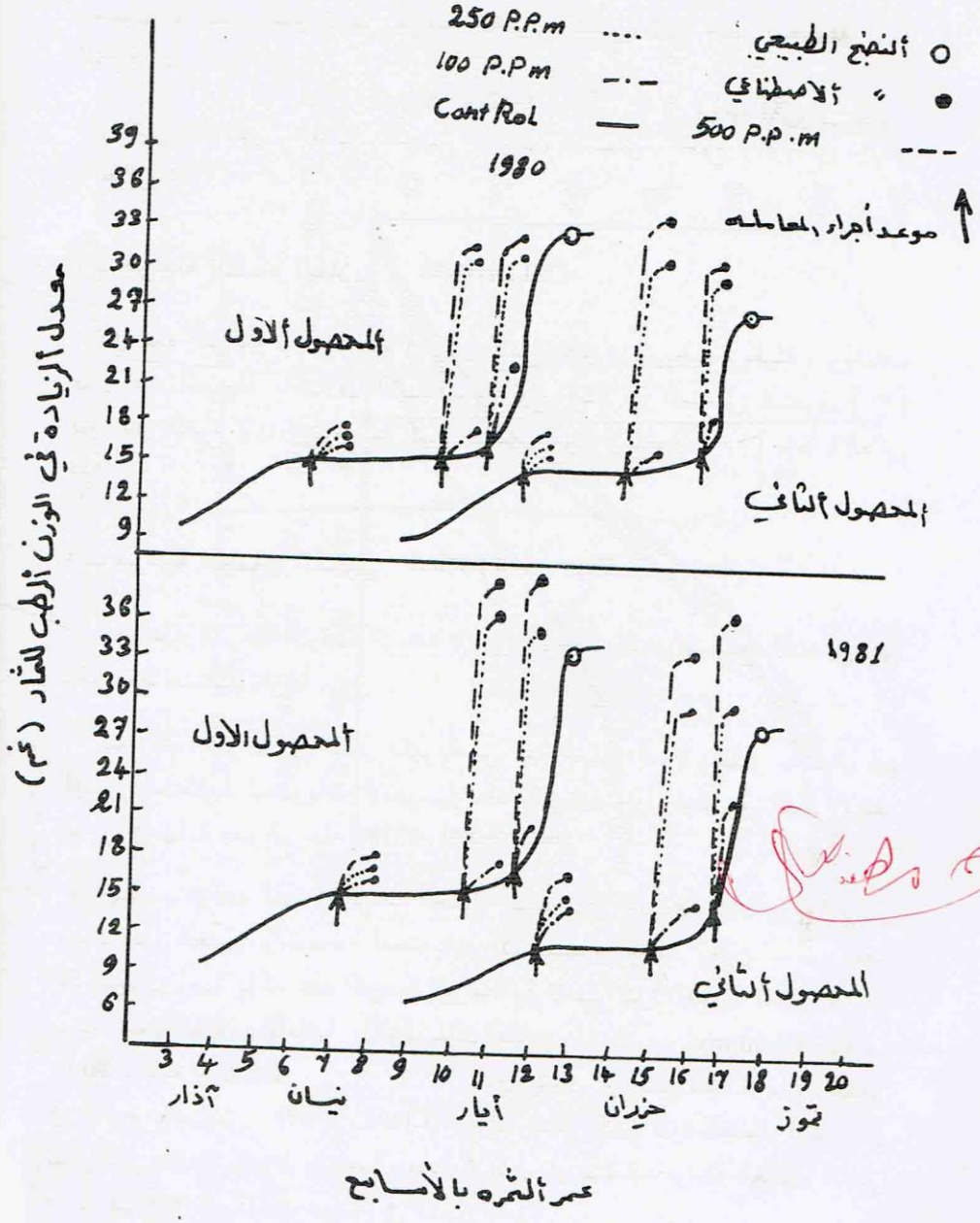
٢ ـ مرحلة الخمول النسبي Depressed period

وفي هذه المرحلة تتوقف الزيادة في وزن وحجم الثمار ويصبح المنحنى على شكل خط مستقيم تقريباً .

تبدأ هذه المرحلة في الثمار اللوزية من بدء تصلب النواة وتمتاز بأكتمال نمو الجنين وأمتصاصه لمحتويات الاندوسبيرم أما النواة فيتحول لونها الى اللون الاصفر الغامق في نهاية هذه المرحلة (west wood , 1978)

أن سبب توقف النمو في مرحلة الخمول النسبي غير معروف تماماً وربما يكون بسبب نمو الجنين وأمتصاصه لمحتويات الاندوسبيرم أو قد يكون بسبب نقص الاوكسينات ومما يؤكد هذه الفرضية هو امكانية تقصير فترة الخمول النسبي وزيادة سرعة نمو الثمرة بمعاملتها بالاوكسينات مثل (2,4,5-Trichloro phenoxy acetic acid) الذي يؤدي الى كسر فترة الخمول النسبي في الخوخ والمشمش (Crane , 1969) . كما أمكن كسر فترة الخمول النسبي في ثمار التين صنف كادوتا باستعمال مادة الايثرل في منتصف مرحلة الخمول النسبي (ابراهيم ١٩٨٢) وكما هو موضح في الشكل (١٠) .

أن طول فترة الخمول النسبي لا يتأثر بالعمليات الزراعية مثل الخف والتسميد وأنما يعتمد على الصفات الوراثية للصنف فمثلاً طول هذه المرحلة في صنف التين كادوتا (٣٨) يوماً بينما في صنف التين وزيري (٣٣) يوماً (العاني ١٩٨٥)



شكل « ١٠ » يوضح تأثير الرش بمادة الاثرل على تبكير نضج ثمار التين صنف كادوتا نتيجة كسر فترة الخمول النسبي « أبراهيم ١٩٨٢ »

٣ ـ زيادة حجم الخلايا Cell Enlargement

وتتميز هذه المرحلة بسرعة الزيادة في وزن وحجم الثمار ويكون النمو ناتجاً بالدرجة الاولى عن الزيادة في حجم الخلايا نتيجة تجميع الغذاء من باقي أجزاء النبات ففي الخوخ مثلاً يزداد وزن وحجم الثمرة بمقدار ٨٥ ٪ من الوزن والحجم الكلي للثمرة خلال هذه المرحلة .

٤ ـ البلوغ أو النضج الفسلجي : Maturation

في هذه المرحلة يتوقف نمو الثمرة وتبدأ بالنضج الفسلجي نتيجة تحولات كيمياوية وفسلجية تؤدي بالنتيجة الى النضج النهائي Ripening الذي يكون متشابهاً في ثمار المجموعتين (المنحنى المفرد . المنحنى المزدوج) .

تأثير الهورمونات على نضج الثمار

أن عملية نضج الثمار تكون تحت سيطرة الهورمونات التي منها ما يسرع العمليات الفسلجية التي تؤدي الى النضج مثل الاثلين بينما يتأخر النضج بفعل هورمونات الصبا التي تشمل الجبرلينات والاوكسينات والسايتوكاينينات .

تأثير الاثلين على النضج Ethylene

هناك دلالات عديدة تؤكد أن الاثلين هو هورمون النضج ومن هذه الدلائل : ـ

أ ـ استعمال الاثلين يسبب نضج معظم أنواع الثمار .

ب ـ الارتفاع المفاجيء لانتاج الاثلين في الثمار الكلايمكتيرية قبل بدء النضج .

جـ ـ خزن الثمار في الجو الهوائي المعدل((CA)) يقلل من وصولها الى مرحلة النضج بسبب ارتفاع تركيز ثاني اوكسيد الكاربون الذي يمنع إنتاج الاثلين .

د ـ خزن الثمار في الجو الهوائي المخلخل يمنع نضج الثمار لانه يعمل على منع تجمع الاثلين داخل الثمرة .

هـ ـ عند أستعمال مواد لامتصاص الاثلين داخل العبوات مع الثمار يتأخر النضج بشكل واضح كما في ثمار الموز .

تأثير الاوكسينات على نضج الثمار Auxins

يمكن حصر تأثير الاوكسينات في منع أوتأخير عملية النضج من خلال تأثيرها على الاثلين بما يلي : –

أ – إن الاوكسينات تمنع تحلل الأحماض النووية الموجودة في الخلية وتمنع تحلل ألبروتينات .

ب – إن الاوكسينات تزيد من سيطرة الخلية على انتقال المواد خلال الاغشية الخلوية وهذا يعتبر من العوامل التي تشجع الحداثة أو الصبا .

جـ – إن المعاملة بالاوكسينات تؤخر تحلل النشا وتقلل من نسبة المواد الصلبة الذائبة والسكريات وبذا تمنع أو تؤخر النضج .

د – معاملة بعض الثمار مثل الموز بالاوكسينات يجعلها لا تنضج حتى لو عوملت بغاز الاثلين . ومن الاوكسينات الصناعية المستعملة هي : –

IAA . 2 . 4 – D . 2,4,5-T (أندول اسيتيك أسيد)

الجيرلينات Gibberellins

تعتبر الجيرلينات من هورمونات الحداثة أو الصبا Juvenility Hormone لانها تؤخر نضج الثمار وتعيق كافة العمليات التي تؤدي الى تدهور الثمار ووصولها الى مرحلة الشيخوخة Senescence

يتلخص تأثير الجيرلينات على عملية النضج بما يلي : –

أ – منع تحل صبغة الكلوروفيل ومنع تكوين صبغة الكاروتين .

ب – تقليل سرعة التنفس وتأخير حدوث ظاهرة الكلايمكتيرك (التنفس النضجي)

جـ – المحافظة على صلابة الثمار مع منع فقدان فيتامين C .

السيتوكانينات Cytokinins

أن السيتوكانينات كغيرها من هورمونات الصبا التي تؤخر النضج وذلك من خلال التأثيرات التالية : –

أ – تمنع تحلل البروتين الموجودة في الثمار وبالتالي منع الشيخوخة والتدهور .

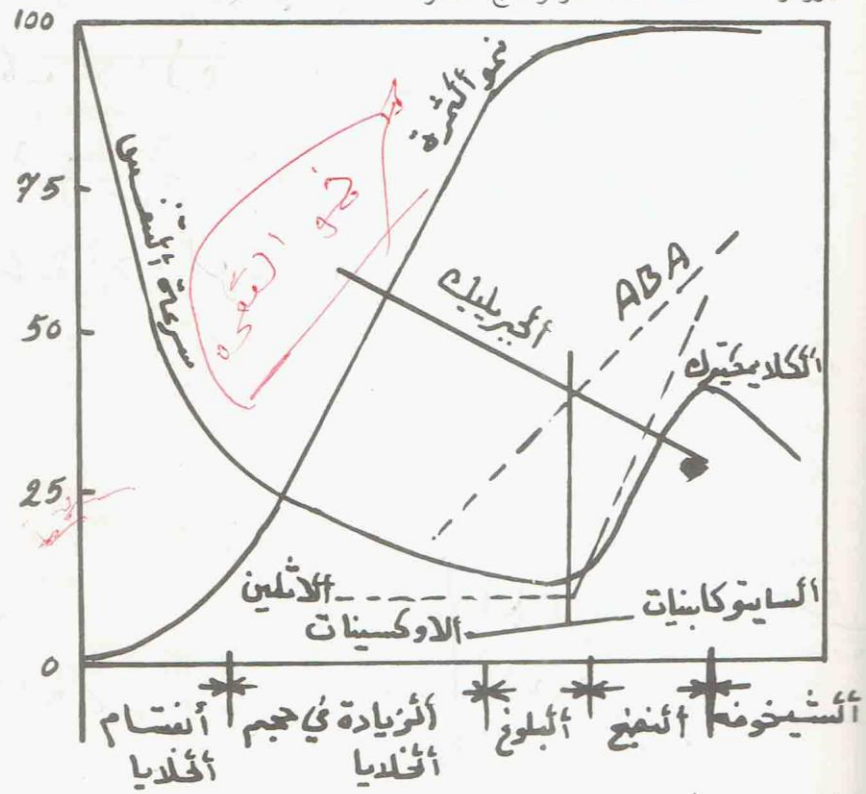
ب – منعها لتحلل الصبغة الخضراء ومنع تكوين الكاروتين .

جـ – تقلل من سرعة تنفس الثمار وتقلل من إنتاج الاثلين .

حامض الابسيسيك Abscisic Acid (ABA)

وهو من الهورمونات الطبيعية الموجودة في النبات التي تسرع من وصول الثمرة الى مرحلة الشيخوخة وتتلخص ميكانيكية تأثير حامض الابسيسيك في حدوث النضج كونه يساعد في التغلب على مفعول هورمونات الصبا لذا فان هذا الحامض والاثلين يعملان معاً في حدوث النضج والتدهور في الثمار حيث وجد أن المعاملة بالاثلين تؤدي الى زيادة تراكم حامض الابسيسيك في الثمار المعاملة .

كما أن معاملة الثمار بحامض الابسيسيك تشجع الثمار على أنتاج الاثلين (Coombe and Hale, 1973) ويوضح الشكل (١١) التداخل بين مجاميع الهورمونات الخمسة أثناء نمو ونضج الثمار .



شكل « ١١ » يبين تأثير الهرمونات على نمو ونضج الثمار حيث ان الخط العمودي يبين التداخل بين مجاميع الهرمونات الخمسة الاوكسينات ، السايتوكونينات ، الجبرلينات ، الاثلين ، حامض الابسيسيك ABA عند التقاطع ينخفض تركيز الجبرلينات ويرتفع تركيزABA فيميل الوزن الهرموني نحو الشيخوخة ويزداد تركيز الاثلين وينخفض تركيز الاوكينات السايتوكاتينات فتحدث ظاهرة الكلايمكتيرك بسبب زيادة انتاج الاثلين فيحدث النضج (العاني ١٩٨٥) .

الفصل الثالث

التركيب الكيمياوي للثمار والتغيرات التي تحدث فيها أثناء النضج والخزن

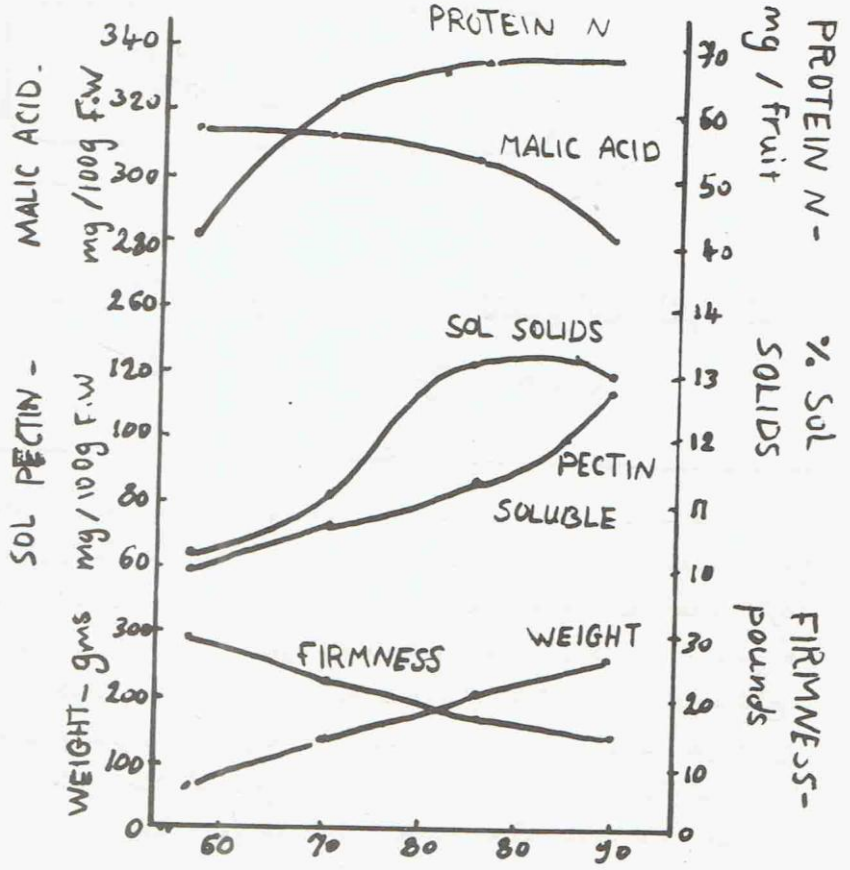
تحدث في محاصيل الفواكه والخضر تغيرات فيزياوية وكيمياوية عديدة تؤدي في النهاية الى وصول هذه المحاصيل الى الشكل والطعم النهائي المميز للصنف والنوع وأن هذه التغيرات تحدث في الثمار أثناء نضجها قبل القطف أو بعد القطف وتزداد سرعة التغيرات بزيادة سرعة النمو وبتقدم مراحل النضج . الشكل « ١٢ » يوضح أهم التغيرات الكيمياوية والفيزياوية التي تحدث في ثمار الكمثرى أثناء البلوغ والنضج . أن التحكم بالتغيرات الكيمياوية بعد القطف يتم عن طريق السيطرة على الظروف المحيطة بالثمار فمثلا السيطرة على نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة وتركيز الغازات المختلفة في هواء المخزن ووجود الاثلين يجعلنا نتحكم بموعد نضج وطول مدة خزن المحاصيل .

ان النكهة المميزة لكل صنف أو نوع من الثمار تعتمد على التغيرات الكيمياوية في السكريات والاحماض والمواد التانينية . حيث تصل الثمار الى أعلى مستوى من النكهة عندما يحصل التوازن بين الاحماض والسكريات شكل « ١٣ » .

وفيما يلي أهم التغيرات الكيمياوية التي تحدث في الثمار أثناء النضج : -

الماء

ويمثل الجزء الاعظم من مكونات الثمرة حيث قد تصل نسبته الى ٩٦ ٪ من الوزن الطري للثمرة . أن الثمار تختلف في أحتوائها على الماء لعدة أسباب منها ماهو وراثي يتعلق بالصنف والنوع والاخر يعتمد على الظروف البيئية وعمليات الخدمة .



شكل « ١٢ » يوضح التغيرات التي تحدث في ثمار الكمثرى اثناء البلوغ « العاني ١٩٨٥)

من بين هذه التغيرات هي الزيادة في معدل وزن الثمرة كلما تقدمت نحو البلوغ ، يرافق ذلك زيادة واضحة في نسبة المواد الصلبة والتي تعتمد اساساً على زيادة نسبة السكريات . اضافة الى ذلك فان محتوى الثمرة من البروتين النتروجيني يزداد كلما تقدمت نحو البلوغ وسبب الزيادة يرجع الى تحول الاحماض الامينية الحرة الى بروتين نتروجيني ومما يؤكد ذلك انخفاض تركيزها عند زيادة تركيز البروتينات . وعلى العكس من ذلك نجد ان بعض المركبات ينخفض مستواها او تركيزها في ثمرة الكمثرى كلما تقدمت نحو البلوغ ومن هذه المركبات هي الاحماض العضوية المتمثلة بحامض الماليك كونه الحامض السائد في ثمار الكمثرى . ان سبب الانخفاض يعزى الى استهلاكها في عملية التنفس او دخولها في تكوين مركبات اخرى وكذلك فان صلابة الثمار تبدأ بالانخفاض نتيجة تحول المركبات البكتينية غير الذائبة الى مركبات بكتينية ذائبة بالماء الخلايا اقل تماسكاً مع بعضها .

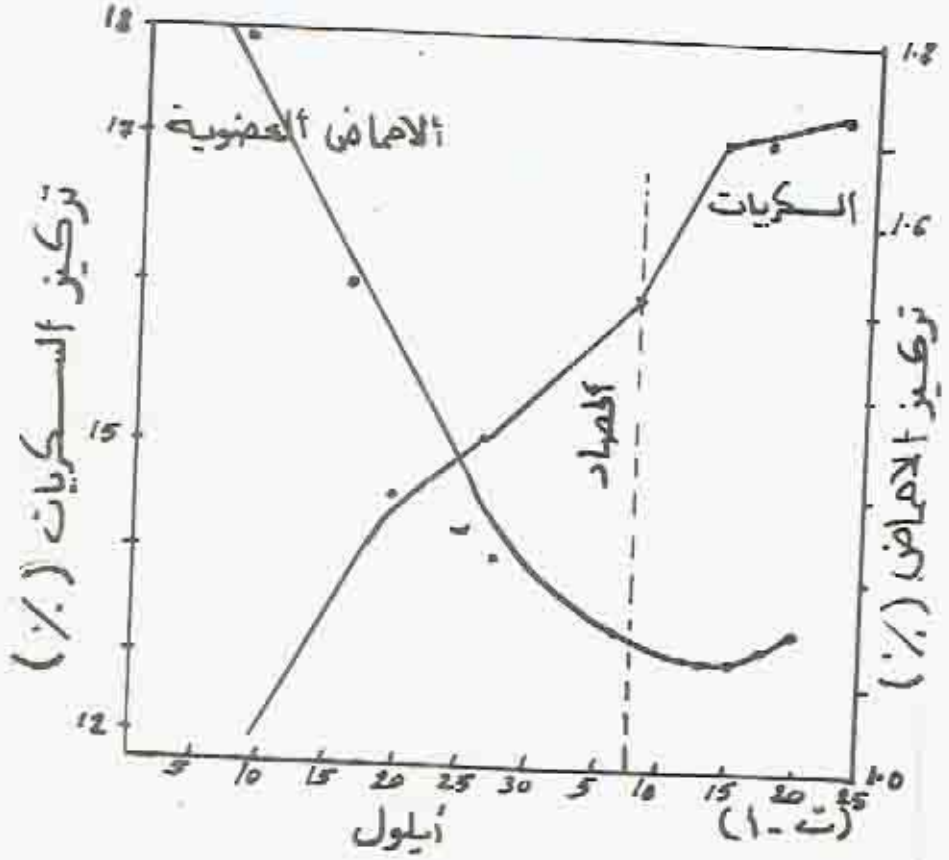
بالاضافة الى ذلك فان الخلايا تختلف في احتوائها للماء حتى في النبات الواحد فمثلا الخلايا الخازنة للنشا تحتوي على ماء أقل من الخلايا العادية .

ان محتوى الثمار من الماء يبدأ بالزيادة كلما تقدمت الثمرة في النمو وترجع الزيادة الاساسية في وزن وحجم الثمرة الى امتصاص الماء في مراحل النمو. الاولى ويستمر انتفاخ الخلايا حتى تصل مرحلة الانتفاخ الكامل ((Full Turgidity)) وتكون الثمرة في هذه الحالة قد وصلت الى الحجم المميز للصنف والنوع .

تفقد الثمار الماء عن طريق النتح سواء كانت على الاشجار أو بعد الحصاد ولكن وجود الثمرة على النبات يساعدها على تعويض الماء المفقود عن طريق الامتصاص بواسطة الجذور أما بعد الحصاد فستمر عملية النتح ولكن بدون تعويض وهذا يؤدي الى ذبول المحاصيل المخزونة والى عدم صلاحيتها للتسويق . لذا ان فقدان الماء من الحاصلات البستانية بعد الجني يعتبر أهم أسباب التلف التي يجب معالجتها .

الكاربوهيدرات

تشمل المواد الكاربوهيدراتية النشا (Starch) والسكريات الاحادية ((Monosaccharides)) والسكريات المعقدة ((OLigo - saccharides)) ومشتقات السكريات ((Sugar derivatives)) مثل الايسترات والكليكوسيدات . تختلف الثمار في احتوائها على الكاربوهيدرات فمثلا تتراوح نسبتها ٢ ٪ من الوزن الطري في الخيار بينما تصل الى ٦١ ٪ من الوزن الطري في التمر . وتخزن الكاربوهيدرات في الثمار بشكل نشا أو سكريات أو مشتقاتهما . ويتحول النشا الى سكريات بسيطة أثناء النضج « كلوكوز وفركتوز » كما تخزن بعض الثمار الكاربوهيدرات على شكل (دكسترين Dextrin) وهو مركب ناتج من تحلل النشا كما هو الحال في الثوم .



شكل ١٣ ، يوضح التغير في السكريات والاحماض خلال مراحل النمو والنضج للعنب صنف كونكورد ، العاني ١٩٨٥ ،

« أ » **النشا** : ـ تعتبر جزيئات الكلوكوز المكونات الرئيسية للنشا حيث ترتبط هذه الجزيئات مع بعضها بأواصر كلوكوسايدية من نوع « 4 ـ 1 » في سلاسل مستقيمة أو نوع « 6 ـ 1 » في سلاسل متفرعة .

هنالك نوعين من النشا في الثمار هما الاميلوز Amy Lose والاميلوبكتين Amylopectin ويتكون الاميلوز من ٣٠٠ جزيئة كلوكوز وهذا النوع من النشا قابل للذوبان بالماء . أما النوع الثاني فيتكون من حوالي ١٠٠٠ جزيئة كلوكوز وهو غير ذائب في الماء . وهذا النوع من النشا هو السائد في الثمار وتصل نسبته الى ٨٠ ٪ من مجموع النشا في الثمار « العاني ١٩٨٥ » .

يتحلل النشا أثناء النضج الى كلوكوز ثم يتحول الكلوكوز الى أنواع أخرى من السكريات . يبدأ تراكم النشا في بداية نمو الثمار ويصل الى الحد الاعلى عند البلوغ ثم يبدأ بالتحلل كلما تقدمت الثمرة بالنضج بواسطة عدة أنواع من الانزيمات منها أنزيم « الالفا أميلز Alpha amylase)) و « البيتا اميلز Beta amylase))و « انزيم Starch phosphorylase)) الذي ينشط عند خزن الثمار في درجات الحرارة المنخفضة . كذلك يوجد أنزيم اخر هو « الانفرتيز Invertase)) الذي يحلل النشا الى سكر أيضا كما يحلل السكروز الى كلوكوز وفركتوز .

« ب » **السكريات** : ـ تدخل الكاربوهيدرات الى الثمار على شكل سكريات اثناء النمو ولكن السكر يتحول الى نشا حال وصوله الى الثمرة . أما عند النضج فيتحول النشا الى سكر وعند الخزن نجد أن السكريات تبدأ بالانخفاض نتيجة استهلاكها في عملية التنفس لانتاج الطاقة الضرورية لبقاء الثمار .

ان خزن الثمار بدرجات حرارة معتدلة أو مرتفعة نسبيا يؤدي الى فقدان السكريات بسبب استهلاكها في عملية التنفس التي تزداد بارتفاع الحرارة وزيادة نشاط الانزيمات التي تحول السكر الى نشا . لقد وجد أن تركيز السكريات في الثمار يقل بعد عبور الثمار مرحلة النضج النهائي (Over ripening) أو عند الشيخوخة كما في العنب أو التفاح . كذلك يقل تركيز السكريات عند ارتفاع حرارة المخزن أو طول فترة الخزن ويوضح جدول « ٦ » تأثير درجة حرارة المخزن وطول فترة الخزن على تركيز السكريات في صنفين من البرتقال . يختلف نوع السكر السائد في الثمار باختلاف الانواع وظروف الخزن والتغيرات المتبادلة التي تحدث في السكريات على الرغم من عدم زيادة السكريات الكلية . ففي العنب

جدول ٦ يوضح تأثير الخزن بدرجات حرارة مختلفة على تركيز السكريات في ثمار البرتقال صنفي فالنشيا وابو سرة ، العاني ١٩٨٥ ،

تركيز السكريات (ملغرام / ١٠٠ غم من الوزن الرطب ،

الصنف	ظروف الخزن	الكلية	المختزلة	غير المختزلة	عديدة
برتقال سرة	قبل التخزين	٤٠.٦	٣٤.٧	٥.٩	١١.٩
	بعد ٤٢ يوم من الخزن بدرجة ١١م	٣٦.٦	٣٣.٤	٣.١	١٢.٦
	بعد ٤٢ يوم من الخزن بدرجة صفر م	٣٩.٧	٣٤.٣	٥.٥	١١.٨
برتقال فالنشيا	قبل التخزين	٣٩.٢	٣١.٧	٧.٥	١٠.١
	بعد ٤٨ يوم من لخزن بدرجة ١١م	٢٤.٩	٢٢.٣	٢.٥	١٣.٨
	بعد ٤٨ يوم من الخزن بدرجة صفر م	٣٦.١	١٩.٨	٦.٤	١٣.٢

والشليك يزداد تركيز السكريات المختزلة Reducing Sugars على حساب السكروز وزيادة سكر الفركتوز في التفاح الكمثرى على حساب باقي السكريات .

الاحماض العضوية

توجد في ثمار الفواكه والخضر أنواع عديدة من الاحماض العضوية التي يحدث فيها تغير أثناء النمو والنضج والخزن مثل حامض الاوكزاليك Oxalic acid وحامض التارتاريك Tartaric acid وحامض الماليك Malic acid وحامض الستريك Citric acid وحامض الايزوسترك Isocitric acid .

تختلف الثمار في احتوائها على نوع الاحماض ففي الحمضيات نجد ان الحامض السائد هو حامض الستريك وفي التفاح والكمثرى حامض الماليك وفي العنب حامض التارتاريك وفي السبانخ حامض الاوزاليك . ان تركيز هذه الاحماض في الثمرة لايبقى ثابتاً بعد القطف وعند الخزن بل يلاحظ تغير مستمر لكمية الاحماض العضوية في الثمرة أضافة الى التغير المستمر في تركيز كل حامض بصورة مستقلة عن باقي الاحماض فمثلاً في ثمار الخوخ يحدث نقص سريع في حامض الستريك أثناء النضج بينما لايتأثر حامض الماليك أما في ثمار التفاح والكمثرى فيحدث العكس .

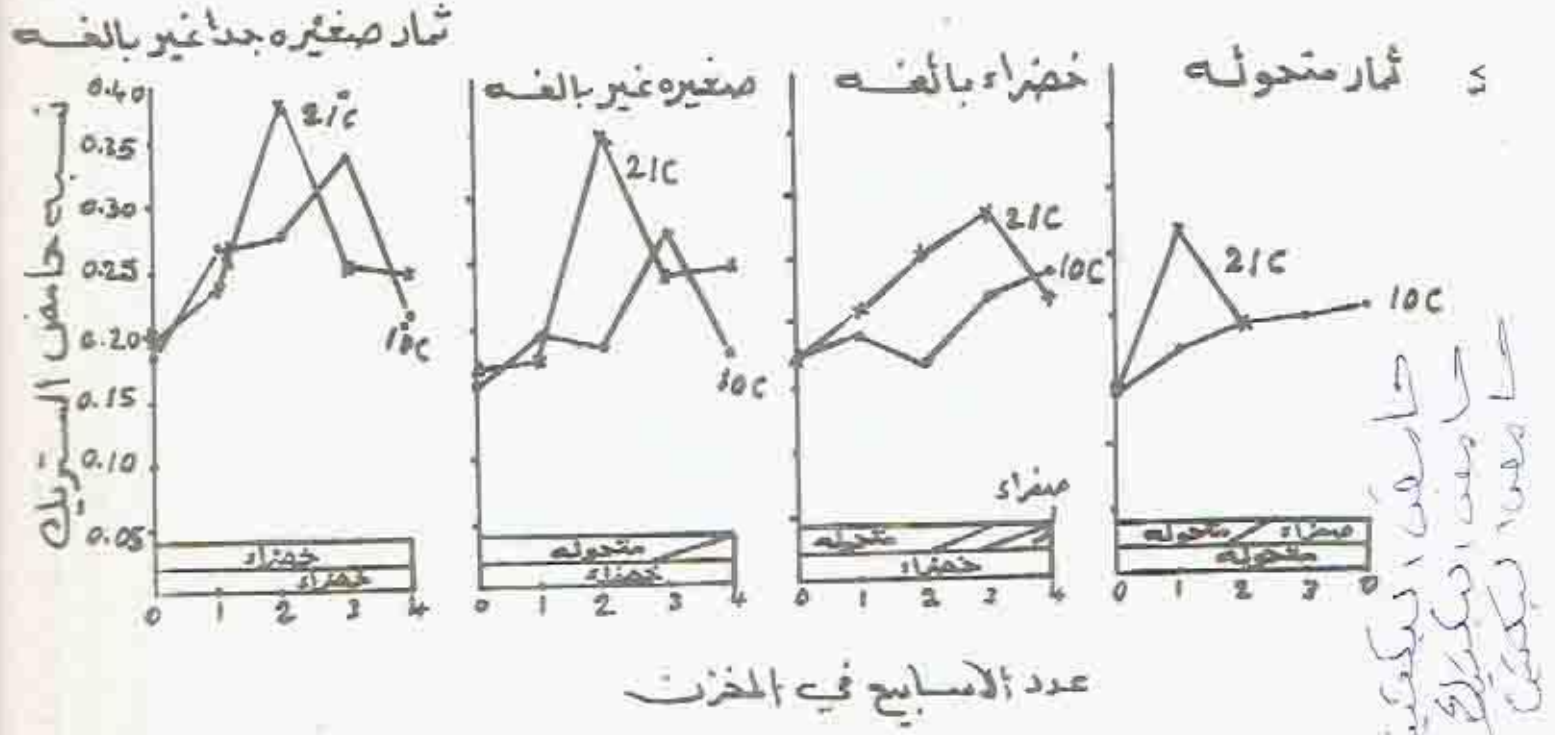
ان الاحماض العضوية تكون عرضة للتغير أكثر من أي مركب من المركبات الاخرى (pant astico, 1975) حيث تكون نسبتها عالية أثناء النمو وعند وصول الثمرة الى مرحلة البلوغ تبدأ بالتناقص فمثلاً في العنب نجد أن تركيز الاحماض يقل الى الـ½ أثناء النضج .

ان سبب الانخفاض في تركيز الاحماض العضوية يرجع بالدرجة الاولى الى استهلاكها في عملية التنفس لانتاج الطاقة أو قد تدخل في تكوين مركبات أخرى لبناء الخلية .

يتأثر تركيز الاحماض العضوية في الثمار المخزونة بعدة عوامل منها درجة الحرارة وتركيز الغازات في هواء المخزن فقد وجد ان رفع نسبة ثاني أوكسيد الكاربون في هواء المخزن يوقف تحلل الاحماض العضوية ويوضح الشكل (١٤) تأثير درجة حرارة المخزن على سرعة التغير في تركيز حامض الستريك في الطماطة .

المواد البكتينية

المواد البكتينية عبارة عن مواد غروية ذات وزن جزيئي مرتفع وتتكون من وحدات بناء مكونة من حامض الكلكترونيك / Galacturonic acid كما يدخل في تركيبها مواد أخرى مثل الكلاكتوز والارابينوز والزايلوز وغيرها . ترتبط جزيئات حامض الكلكترونيك بعضها مع بعض بواسطة أواصر كليكوسايدية بين ذرتي الكاربون رقم (١) ورقم (٤) لتكوين البكتين الاولي (Protopectin). تدخل المواد البكتينية في تركيب جدار الخلية والصفيحة الوسطى Middle Lamella التي تعتبر مادة مرابطة بين الخلايا . كذلك تدخل المواد البكتينية في تركيب الجدار الاولي والثانوي للخلايا . وفيما يلي أهم المركبات البكتينية الموجودة في جدران الخلايا :-



شكل ٢٤ ، يوضح التغير في نسبة حامض الستريك لثمار الطماطة بدرجة حرارة ١٠°م ، ٢١°م ، المباني ١٩٨٥ ،
ان خزن الثمار بدرجة ٢١°م يؤدي الى زيادة مفاجئة في تركيز حامض الستريك خلال الاسبوع الثاني من الخزن . اما خزن ثمار الطماطة غير اليانعة بدرجة حرارة ١٠°م فان الزيادة في حامض الستريك تكون اقل . كما تحدث الزيادة في حامض الستريك بعد اسبوع من حدوثها في الثمار المخزونة بدرجة ٢١°م في الاسبوع الثالث من الخزن . وعموماً فان مجموع الاحماض العضوية القابلة للتسحيح في ثمار الطماطة تقل تدريجياً اثناء نضج الثمار ويستمر الانخفاض حتى تزول جميع الاحماض من الثمرة في نهاية حياتها .

حامض البكتيك **Pectinic Acid** : ـ يتكون هذا المركب من أربعة وحدات حامض الكلكترونيك المرتبطة مع بعضها بروابط كليكوسايدية من نوع (٤ ـ ١) بالاضافة الى سكر خماسي هو الارابينوز وسكر سداسي هو اللاكتوز وسكر سداسي هو الكلاكتوز ولا يحتوي على مجموعة المثيل .

يوجد حامض البكتيك الذي يعتبر وحدة البناء لتكوين المركبات البكتينية في الصفيحة الوسطى . يذوب في الماء ولكن بعض املاحه غير قابلة للذوبان في الماء مثل بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم . عند بدء النضج ينفصل عنصري الكالسيوم Ca والمغنيسيوم Mg عن حامض البكتيك فيصبح قابلاً للذوبان في الماء فتتفكك جدران الخلايا بعضها عن بعض فتقل صلابة الثمار .

حامض البكتينك **Pectinic Acid** : ـ يشبه في تركيبه حامض البكتيك اضافة الى وجود بعض مجموعات المثيل بدلا من الهيدروجين في مجموعة الكاربوكسيل هذا الحامض قابل للذوبان بالماء الحار وتكون جزيئاته اكبر حجماً من جزيئات حامض البكتيك .

البكتين **pectin** : ـ تشبه في تكوينها حامض البكتيك وتتكون من حوالي ٢٥ وحدة من حامض البكتيك وهذا يعادل ٢٠٠ وحدة من حامض الكلكترونيك . وتعتبر البكتينات البسيطة قابلة للذوبان بالماء الحار وأن موقعها يكون في جدار الخلايا .اما عند اتحادها مع الكالسيوم فتكون بكتات الكالسيوم التي تكون غير قابلة للذوبان بالماء .

البكتين الاولي Protopectin :- وهو اكثر المواد البكتينية تعقيدا وتتكون وحدات بنائه من حامض البكتيك المرتبط باواصر هيدروجينية بين مجاميع الهيدروكسيل اضافة الى اواصر كيمياوية بواسطة الكالسيوم والمغنيسيوم لتكوين مركب معقد دون وزن جزيئي مرتفع. يوجد البروتوبكتين في الجدار الاولي للخلايا Primary wall ويكثر البروتوبكتين في بعض انواع الثمار مثل التفاح وتزداد صلابة الثمار كلما زاد طول سلسلة البروتوبكتين. وهو غير قابل للذوبان بالماء ولكنه يذوب في الحوامض المخففة. عند وصول الثمار الى مرحلة النضج فان قسماً من البكتين الاولي يتحول الى احماض بكتينية قابلة للذوبان في الماء كما يحدث تغيير في بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم فتصبح الخلايا اقل ارتباطا بعضها مع بعض فتقل صلابة الثمار (العاني ١٩٨٥)

ففي ثمار التفاح والكمثرى والطماطة والخوخ والموز وجد ان نسبة الزيادة في البكتين الذائب ارتفعت الى الضعف عند نضج ثمار الطماطة وارتفعت الى ضعفين عند نضج ثمار الخوخ وارتفعت الى ضعفين ونصف عند نضج ثمار الموز وارتفعت الى ١٣ ضعف عند نضج ثمار التفاح والى ١٩ ضعف عند نضج ثمار الكمثرى (العاني ١٩٨٥). ان تحلل المواد البكتينية يتم بواسطة أنزيمات رئيسية هي :-

« ١ » أنزيم البروتوبكتينز **Proto Pectinase**

ويعمل على تحلل البروتوبكتين الى حامض البكتينيك Pectinic acid

« ٢ » انزيم بكتين مثيل استريز **Pectin methyl estrase**

ويساعد على تحلل حامض البكتينيك حيث يعمل على كسر آصرة المثل أستر كذلك يساعد على تحلل البروتوبكتين .

« ٣ » انزيم پولي كلاكترونيز **Poly galacturonase**

ويساعد على تحلل الاواصر الكليكوسايدية من نوع (١ - ٤) بين جزيئات حامض الكلاكتيرونيك .

« البروتينات والأحماض الامينية »

تعتبر خلايا الثمار من الخلايا الخازنة لذا فان معظم حجمها عبارة عن فجوات لخزن المواد الغذائية . أما الجزء الآخر من الخلية فهو البروتوبلازم الذي يشغل حيزا صغيرا من حجم الخلية لذا نتوقع أن تكون الثمار فقيرة من البروتينات التي تعتبر اهم مكونات البروتوبلازم . ومع هذا توجد بعض انواع من الثمار ذات محتوى جيد من البروتينات فمي الافوكادو تصل الى ٤ ٪ من الوزن الجاف وفي الزيتون ٣ ٪ من الوزن الجاف والبقوليات ٩.٠ ٪ من الوزن الجاف أما فاكهة النقل فتحتوي على نسبة عالية من البروتينات تصل الى ٢٠ ٪ كما في الجوز واللوز .

يعتبر النيتروجين البروتيني والاميني هو المقياس العام الذي يبين محتوى الثمار من البروتينات . وان التغير الرئيسي في البروتينات والاحماض الامينية يكون على شكل توازن بين النتروجين البروتيني والنتروجين الاميني اثناء النضج . ان الزيادة التي تحصل في كمية البروتين أثناء النضج تكون على حساب الاحماض الامينية الحرة في الثمرة والتي يقل تركيزها عند زيادة تركيز البروتين .

تختلف الثمار في محتواها من الاحماض الامينية فعند مقارنة ثمار التفاح مع ثمار الشليك نجد ان تركيز هذه الاحماض في ثمار الشليك يصل الى ٣٠٠ ملغرام لكل ١٠٠ غرام من الوزن الرطب بينما يصل تركيزها في ثمار التفاح الى ٨٠ ملغرام لكل ١٠٠ غرام من الوزن الرطب . كما يختلف نوع الحامض الاميني السائد في الثمار باختلاف الانواع ومرحلة النضج فمثلا نجد ان احماض الاسبرتك Aspartic والكلوتامك Glutamic والاسبرجين Asparagine يقل تركيزها في ثمار المشمش أثناء النضج بينما يزداد تركيز حامض السيرين Serine وحامض الڤالين Valine في نفس النوع أثناء النضج .

المواد الدهنية

تشمل المواد الدهنية الدهون Fats والزيوت Oils والمواد الشمعية Waxes وغيرها مثل الفوسفوليبيد والكلايكوليبيد . ان جميع هذه المواد تعتبر قابلة للذوبان في المذيبات العضوية وعديمة أو قليلة الذوبان في الماء .

ان المواد الدهنية في الخلية تعتبر كمواد أحتياطية مخزونة لتوليد الطاقة عند الحاجة وكذلك تدخل في تركيب بعض اجزاء الخلية مثل الاغشية الخلوية وتتكون الدهون من أتحاد الأحماض الدهنية مع الكليسرول . ويوجد نوعان من الدهون اما صلبة (مشبعة) أو سائلة (غير مشبعة) وتسمى السائلة منها بالزيوت . وسبب الاختلاف بين الاثنين هو احتواء الزيوت على نسبة عالية من الاحماض الدهنية غير المشبعة بينما تحتوي الدهون على نسبة عالية من الاحماض الدهنية المشبعة

تختلف الثمار في محتواها في المواد الدهنية حسب الانواع ودرجة النضج فمثلا في الزيتون تتراوح نسبة الزيت من ١٢,٧ ــ ٣٠,٦ ٪ وفي الافوكادو ١٦,٤ ٪ وفي الجوز واللوز والبيكان ٤٥ ــ ٧٠ ٪ أما باقي انواع الفواكه والخضر الطازجة فتكون نسبة الدهن فيها اقل من ١ ٪ من الوزن الطري .

ان عملية الخزن تؤثر على المواد الدهنية الموجودة في الثمار فمثلا عند خزن البطاطة بدرجة ٤٠ ف° (٤,٤ م) لمدة طويلة يقل محتواها من الحامض الدهني Linoleic ويزداد تركيز الحامض الدهني Palmatic . كذلك يزداد تركيز الاحماض الدهنية المشبعة بزيادة فترة الخزن وبالعكس يقل تركيز الاحماض الدهنية غير المشبعة نتيجة تحللها أو اكسدتها اثناء الخزن .

أما فيما يخص المواد الشمعية فقد وجد ان تركيز الدهون فيها يتضاعف ثلاث مرات عند الخزن وخاصة في ثمار التفاح . كما أن الثمار المقطوفة في مرحلة البلوغ لديها القابلية على أفراز كمية كافية من الشمع أثناء الخزن فلا تتعرض للذبول بعكس الثمار المقطوفة قبل البلوغ .

« المواد الفينولية والتانينية »

ان المواد الفينولية من أعقد المركبات الكيمياوية الموجودة في الثمار وتشمل المواد الفينولية والتانينية مركبات عديدة مثل الاحماض العضوية العطرية وبعض المركبات المسؤولة عن الطعم المميز لبعض الثمار . تحتوي الثمار غير الناضجة على نسبة عالية من المواد الفينولية والتانينية لذلك تكون غير صالحة للاستهلاك ويقل تركيز المواد الفينولية والتانينية في الثمار كلما تقدمت نحو النضج .

تختلف المواد الفينولية الموجودة في الثمار باختلاف الانواع ففي التفاح والكمثرى نجد ان حامض الكلوروجينك Chlorogenic acid هو السائد . ومن المعتقد أن سبب التلون البني عند رض الثمار يرجع الى أكسدة حامض الكلوروجينيك بفعل أنزيم البولي فينول أوكسيديز . أما المادة الفينولية السائدة في ثمار الطماطة فهي حامض الكافيك Caffeic acid وفي الخوخ حامض الكوينيك Quinic acid وفي الفلفل الفروليك Ferulic acid وفي العنب مادة من نوع الكاتيكين Catechin وفي قشور الحمضيات مادة الناريجين Naringen وفي التمر مادة الدكتلفريك Dactyliferic وفي الرمان والاجاص والمشمش نوع من الانثوسيانيدات Anthocyanidins وفي الكرز والشليك مادة من نوع الفلافينات Flavans.

تعتبر التانينات مواد فينولية ولكنها أكثر تعقيداً ((poly phenols)) وذات وزن جزيئي كبير نتيجة اتحاد عدد من المواد الفينولية بعضها مع بعض . وتوجد في معظم انواع الثمار وهي المسؤولة عن الطعم القابض الموجود في الثمار غير الناضجة . وتقسم التانينات الى مجموعتين رئيستين

أ ـ تانينات قابلة للتحلل : وتشمل الكالوتانينات والالكاتانينات حيث تعطي عند تحللها حامض الكاليك والالكيك وسكر الكلوكوز .

ب ـ التانينات غير الحرة : مثل الكاتكين والسياندين

يكون تركيز التانينات عاليا في مراحل النمو الاولى للثمار ويستمر بالزيادة حتى يصل الى اعلى نسبة قبل مرحلة البلوغ كما في ثمار الكاكي والتمر والتفاح . بعدها يقل تركيز التانينات كلما تقدمت الثمرة في النضج نتيجة تفككها وتحولها الى مكونات ليس لها طعم قابض مثل حامض البنزويك والسكريات . أما التانينات غير الحرة فتتحول الى مركبات كبيرة الوزن الجزيئي نتيجة اتحادها مع بعضها بعملية البلمرة polymerization وتصبح صلبة لا تذوب فلا تشعر بطعمها .

الصبغات النباتية

إن اختلاف الثمار في الوانها يرجع الى الاختلاف في الصبغات الاساسية التي تحتويها هذه الثمار . فمثلا الثمار والخضر الورقية ترجع الى وجود صبغة الكلوروفيل Chlorophylls الخضراء والتي تكون سائدة على باقي الصبغات .

بينما الثمار الصفراء تتغلب فيها صبغة الكاروتين Carotenoids على باقي الصبغات . وهناك الثمار الوردية والتي تكون فيها صبغات الانثوسيانين Anthocyanins هي السائدة . أما الثمار الحمراء فتعزى الى تغلب صبغة اللايكوبين Lycopenes ويمكن تقسيم الصبغات الرئيسية الى :-

أ - صبغات لا تذوب في الماء وانما تذوب في المذيبات العضوية مثل الاسيتون وتشمل :-

1 - الكلوروفيل وهذه تشمل كلوروفيل أ وكلوروفيل ب .
2 - الكاروتين وتشمل الالفاكاروتين α-Carotene والبيتاكاروتين β-Carotene والكاماكاروتين γ-carotene والزانثوفيلات xanthophylls وصبغات اللايكوبين Lycopenes .

ب - الصبغات التي تذوب في الماء وتشمل مجموعة الفلافونات Flavonoids والانثوسيانينات Anthocyanins ذات اللون الاحمر أو الازرق الوردي .

وفيما يلي شرح مبسط لكل صبغة من الصبغات :-

١ - صبغة الكلوروفيل Chlorophylls

وهي الصبغة الاساسية في جميع انواع الثمار ويكون لونها اخضر في بداية النمو ثم يتحول الى اللون النهائي عند النضج ووظيفة هذه الصبغة هي التركيب الضوئي . ان صبغة الكلوروفيل تتحلل أو تتأكسد كلما تقدمت الثمار بالنضج ومع اختفاء الكلوروفيل تبدأ الصبغات الاخرى بالظهور فتكتسب الثمار اللون المميز للصنف . ومع ذلك فهناك بعض الثمار يبقى لونها أخضر حتى بعد النضج مثل المانكو والأفوكادو .

ان الانزيم المسؤول عن تحلل صبغة الكلوروفيل هو أنزيم الكلورفيليز Chlorophyllase الذي يكون غير موجود في الثمار أثناء النمو ولكن عند بدء

الثمرة بالنضج يتكون هذا الانزيم في البلاستيدات الخضراء الذي يبدأ بتحليل صبغات الكلوروفيل وانحلال البلاستيدات الخضر

ولمنع تحلل الكلوروفيل يفضل خزن الثمار في جو هوائي معدل ترتفع فيه نسبة ثاني أوكسيد الكاربون حيث يعمل هذا الغاز على منع تكوين أنزيم الكلوروفيليز.

٢ ـ صبغات الكاروتين : ـ Carotenoids

ان هذه الصبغات هي السبب في ظهور الالوان الصفر والبرتقالية في الثمار وتوجد في البلاستيدات الملونة chromoplasts ان تركيز هذه الصبغات يزداد كلما اقتربت الثمرة من النضج وتتكون في الضوء والظلام لكن الضوء يساعد على زيادة سرعة تكوينها كما ان الثمار التي تنضج على الاشجار تحتوي على تركيز عال من الكاروتين مقارنة بالثمار التي تنضج داخل المخزن. كما ان لدرجة الحرارة تأثيراً كبيراً على تكوين هذه الصبغة حيث وجد ان الحرارة المثلى لتكوينها في ثمار الطماطة تتراوح بين ٢٠ ـ ٢٥° م. ان لصبغات الكاروتين أهمية غذائية عالية لانها تعتبر مصدراً لتكوين فيتامين A في الثمار حيث وجد ان كل جزيئة من البيتاكاروتين تعطي جزيئين من فيتامين A

٣ ـ صبغات الفلافينات : ـ Flavonoids

تتكون هذه الصبغات من السكريات الموجودة في الثمار لذا فان محتوى الثمار من السكريات يوضح محتواها من الفلافونات.

تمتاز هذه الصبغات بكونها قابلة للذوبان بالماء. كما أن لونها يتوقف على درجة حموضة عصير الثمار حيث يتغير لونها حسب تغير الـ PH فيكون لون صبغة الانثوسيانين التي تدخل ضمن مجموعة الفلافونات أحمر عندما يكون عصير الثمار حامضيا ويكون بنفسجيا في المحيط المتعادل ويتحول الى الازرق في المحيط القلوي. كما أن للعوامل البيئية والعمليات البستية دوراً هاماً في تكوين الصبغة كالحرارة والضوء والتسميد. حيث وجد أن نقصان النتروجين في التربة يزيد من تركيز صبغة الانثوسيانين في الثمار وكذلك الحال بالنسبة للضوء فقد وجد أن ثمار الخوخ والتفاح المعرضة للضوء تكون حمراء اللون بعكس الثمار غير المعرضة.

يختلف تركيز صبغات الانثوسيانين حسب نوع الثمار ويعتبر بنجر المائدة من

أكثر النباتات احتواءاً على صبغة الانثوسيانين من نوع Betanin التي تتكون في الجذور تحت الارض دون الحاجة للضوء. تتأكسد الانثوسيانينات بواسطة الانزيمات التي تؤكسد المواد الفينولية مثل انزيم البولي فينول ـ أوكسيديز Poly phenol oxidase فيتحول لونها الى اللون البني.

المواد المتطايرة Volatiles

تتكون المواد المتطايرة من التربينات Terpenes بشكل أساس اضافة الى المواد الاخرى مثل الاسترات والكحولات والالديهايدات والكيتونات وبعض الاحماض العضوية مثل حماض الخليك Acetic acids والبروبونيك propionic acid وبعض الاحماض الامينية الحاوية على الكبريت مثل حامض Alliin الذي يعتبر السبب في ظهور رائحة البصل والثوم.

تمتاز المواد المتطايرة بسرعة تساميها أو تبخرها وخاصة عندما يزداد تركيزها في مرحلة النضج أما بعد ذلك فانها تقل تدريجياً كلما تقدمت الثمار نحو التدهور أو الشيخوخة.

تعتبر المواد المتطايرة في الثمار أحد مقاييس الجودة لانها تعتبر من عوامل النكهة في الثمار لكن تراكمها في المخزن يعتبر ضاراً لانها تتفاعل أو تختلط بعضها مع بعض.

وتتحول الى مواد ذات روائح غير مرغوب فيها مثل الغازات الهايدروكاربونية غير المشبعة مثل الاثلين والاستيلين والبروبلين التي تسبب تدهور وتلف الثمار أثناء الخزن.

تختلف الثمار في احتوائها على المواد الطياره فمثلا تحتوي ثمار الحمضيات على نوع من التربينات الهيدروكاربونية المذابة في الزيوت الموجودة في غدد زيتية خاصة في قشرة الثمرة. أما الخضراوات التابعة للعائلة الصليبية Cruciferae مثل اللهانة والقرنابيط واللفت والفجل فتكون غنية بالمركبات التي تحتوي على الكبريت مثل مركب ايسوثايوسيانين العضوي Organic Isothiocyanats

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O +$$

الفيتامينات Vitamins

إن الفواكه والخضر هي من أهم المصادر الطبيعية للفيتامينات خاصة فيتامين C . لكون هذا الفيتامين يكون مصدره النبات فقط وليس له أي مصدر حيواني . وتعرف الفيتامينات بانها مواد عضوية توجد بتراكيز قليلة وتقوم بوظائف ضرورية وأن نقصها يؤدي الى ظهور أعراض سوء التغذية أو الامراض . أما أهم الفيتامينات التي توجد بكثرة في المحاصيل البستانية هي :-

١ ـ فيتامين A

تعتبر صيغة B- carotene المصدر الاساسي لهذا الفيتامين الذي يقاس بالوحدة الدولية I.u. تقسم ثمار الفواكه والخضر من حيث محتواها من فيتامين A الى :-

أ ـ محاصيل يكون فيها تركيز فيتامين A أكثر من (١٠٠٠٠) وحدة دولية لكل (١٠٠) غرام من الوزن الطري مثل الجزر . المعدنوس . السبانخ

ب ـ محاصيل يكون فيها تركيز فيتامين A من (٥٠٠٠ ـ ١٠٠٠٠) وحدة دولية لكل (١٠٠) غرام من الوزن الطري مثل البطاطة واللهانة

جـ ـ محاصيل فيها تركيز فيتامين A أقل من (٥٠٠٠) وحدة دولية لكل (١٠٠) غرام من الوزن الطري مثل المشمش والخوخ والعنب والطماطة وقرع الكوسة

يختلف تركيز فيتامين A في الثمار باختلاف مراحل النضج وظروف الخزن وعموماً فان جميع الظروف التي تؤثر على صيغة B- Carotene تؤثر على تركيز فيتامين A لانها مصدر هذا الفيتامين .

٢ ـ فيتامين C Asscorbic acid

تعتبر النباتات المصدر الوحيد لهذا الفيتامين الذي يعتبر ضروريا لمقاومة بعض الامراض التي قد تصيب الانسان . وهو من الفيتامينات الذائبة في الماء ويتكون في الخلية من سكر الكلوكوز أو سكر الكلاكتور . تختلف الثمار في محتواها من فيتامين C تبعاً للصنف والنوع ومرحلة النضج وظروف الخزن فمثلا تركيزه يتراوح بين (٤٢ ـ ٥٥) ملغرام لكل (١٠٠) سم٣ من عصير

الحمضيات . بينما في المشمش (٧) ملغرام لكل (١٠٠) غرام من الوزن الطري . أما في الطماطة فيتراوح بين (١٠ ـ ٣٠) ملغرام لكل (١٠٠) غرام من الوزن الطري . أما فيما يخص مرحلة النمو فتجد أن ثمار الطماطة تحتوي على أعلى تركيز من فيتامين C عند اكتمال النضج ويقل التركيز كلما طالت فترة الخزن كما أن درنات البطاطة تفقد معظم محتواها من فيتامين C عند خزنها بدرجة حرارة مرتفعة أو معتدلة (١٨ م) بينما تحافظ على محتواها اذا خزنت بدرجة حرارة ٤ م . كذلك وجد أن ثمار الليمون المخزونة بدرجة ٢٤ م تفقد فيتامين C أسرع من الثمار المخزونة بدرجة ١٣ م .

يمكن أعتبار تركيز فيتامين C في الثمار كمقياس لكفاءة عملية الخزن لكونه شديد التأثير بدرجات الحرارة والضوء . فعند تعرض الثمار لدرجات حرارة مرتفعة فان ذلك يؤدي الى أكسدة فيتامين C وكذلك الحال عند أنخفاض درجة الحرارة لحد الضرر « أضرار البرودة » فانها ستؤدي الى فقدان فيتامين C . عموماً أن الخزن يؤدي الى أكسدة فيتامين C وانه عند تعرض عصير الثمار الى الهواء الجوي حيث يتحول هذا الفيتامين الى حامض الديهيدروسكوربيك بفعل انزيم الاوكسيديز Oxidase والفينوليز Phenolase والاسكوربيز Ascorbase . لذا يجب أخذ الاحتياطات اللازمة عند قياس فيتامين C في عصير الثمار منعا لاكسدته .

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{Energy}$$

Energy 686 Kg Cal

Energy 686 Kg

الفصل الرابع

التنفس في ثمار الفواكه والخضراوات .

عملية التنفس Respiration

تعتبر عملية التنفس من العمليات المهمة جدا في حياة الثمرة حيث ان هذه العملية تعتبر من اهم عمليات الاكسدة كما انها السبب الرئيسي في استهلاك الغذاء المخزون في الثمار بعد حصادها .

ان الثمار تستطيع تعويض الغذاء المستهلك بعملية التنفس عن طريق الاوراق او الجذور ولكن عند الحصاد سينقطع المصدر الغذائي عنها لذا لابد من الحفاظ على المخزون الغذائي للثمرة اطول مدة ممكنة . اضافة الى استهلاك الغذاء فان عملية التنفس يصاحبها انتاج الحرارة الحيوية نتيجة تحول الغذاء الى طاقة وهذا يؤدي الى رفع حرارة المخزن وبالتالي تلف الثمار . لذا لابد من فهم ميكانيكية التنفس بعد القطف لتحديد المتطلبات الخزنية للثمار .

ان المقصود بعملية التنفس هو اكسدة المركبات الكاربونية الى ثاني اوكسيد الكاربون والماء واستغلال قسم من الطاقة الناتجة للقيام بالفعاليات الحيوية ويمكن تلخيص معادلة التنفس كما يلي :-

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \dashrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{Energy (686 Kg cal)}$$

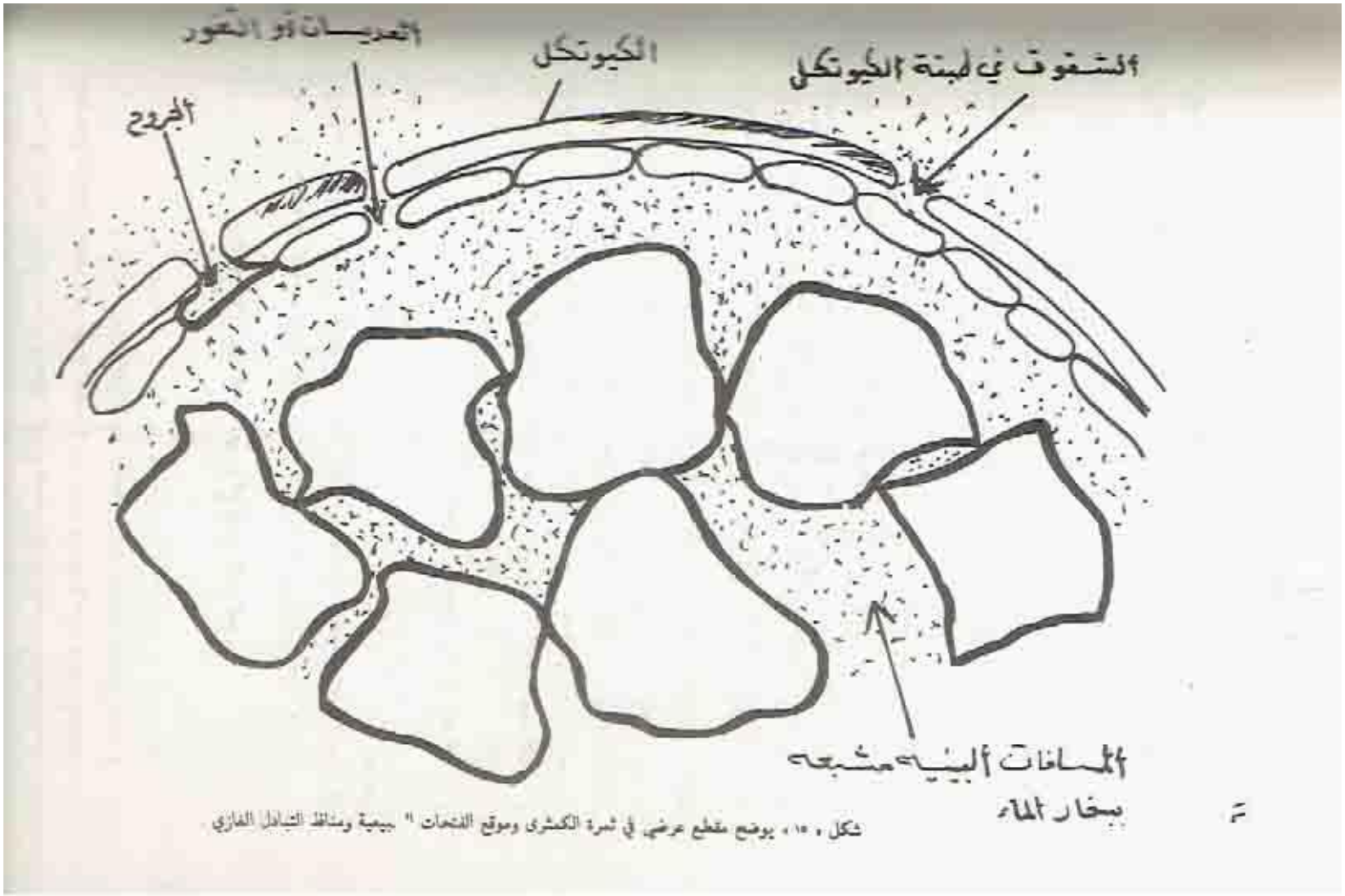
ان مصدر الطاقة اللازمة للمحافظة على حيوية الخلايا هو عملية التنفس ولكن النبات لايستهلك جميع الطاقة الناتجة وانما ٤٠ ٪ منها تحت افضل الظروف والباقي (٦٠ ٪) تتحول الى حرارة .

ان الوزن الجزيئي الواحد (Mole) من سكر الكلوكوز عندما يتأكسد حيويا بصورة كاملة في عملية التنفس ينتج عنه ٦٨٦٠٠٠ سعرة حرارية Calories او ٢٦٧١ وحدة حرارة بريطانية British Thermal units (BTu) . ان الطاقة التي يستفيد منها النبات تحول بداخل الخلية على شكل مركبات ذات طاقة عالية مثل مركب Adenosine Triphos phate (ATp) الذي يعتبر اهم مصادر الطاقة اللازمة لانجاز التفاعلات الحيوية داخل الخلايا .

التبادل الغازي في الثمار

نتيجة للاختلافات المورفولوجية الكبيرة بين اصناف الفواكه والخضر كون هذه المحاصيل تكون على هيئة جذور وابصال وازهار وثمار وسيقان وبذور ودرنات لذا نتوقع اختلافا كبيرا في معدل استهلاك الاوكسجين ومعدل تحرر غاز ثاني اوكسيد الكاربون . فمثلا في ثمار الكمثرى ان التبادل الغازي يجري بصورة حرة بين الهواء المحيط بالثمار والخلايا الموجودة داخل الثمرة وبطريقة مماثلة فان ثاني اوكسيد الكاربون ينتقل بحرية من الخلايا الموجودة في عمق الثمرة الى الخارج بينما تختلف هذه العملية في كل من الطماطة والبطاطا وبسبب وجود البشرة الفلينية التي تغطي درنات البطاطا وكون الخلايا متقاربة وكثيفة في الانسجة مما يقلل المسافات البينية في الانسجة ويعيق عملية التبادل الغازي . كذلك الحال فان ثمار الطماطة تكون مغطاة بطبقة شمعية تعيق تبادل الغازات داخل الثمرة . لذلك نجد ان مايقارب ٦٠ ٪ من التبادل الغازي يحدث في محل اتصال الثمرة بالنبات . ان الشكل (١٥) يوضح كيفية حدوث التبادل الغازي عن طريق الثغور stomates او العديسات Lanticels او الشقوق والجروح الموجودة في الطبقة الشمعية Cuticle المحيطة بالثمرة حيث ينفذ الاوكسجين من الجو المحيط بالثمرة خلال هذه الفتحات الى المسافات البينية ثم يتنافذ من المسافات البينية الى جدران الخلايا ثم الى الاغشية الخلوية واجزاء الخلية الاخرى التي تحتاج الاوكسجين اما بقية الغازات مثل ثاني اوكسيد الكاربون وغاز الاثلين وبخار الماء والمواد المتطايرة فتتنافذ بعكس اتجاه الاوكسجين .

ان الفرق في تركيز اي غاز خارج الثمرة وداخلها يسمى بالتدريج Gradient او يسمى تدريج انتشار الغاز Diffusion Gradient ويعتمد تدريج انتشار اي غاز على النقاط التالية :-



شكل ١٥ ، يوضح مقطع عرضي في ثمرة الكمثرى وموقع الفتحات " بيضية ومناطق التبادل الغازي

١ ـ نسبة المساحة السطحية الى الحجم الكلي للثمرة .
٢ ـ مقاومة سطح الثمرة لتنافذ الغازات ويعتمد ذلك على حجم الثغور والعديسات وسمك الطبقة الشمعية التي تغطي سطح الثمرة
٣ ـ معدل تكوين الغاز داخل الثمرة .

العوامل المؤثرة على سرعة التنفس

لابد من معرفة كافة العوامل التي من شأنها زيادة او خفض معدل سرعة التنفس في الثمار كي يسهل السيطرة عليها وفق ماتتطلبه شروط الخزن ومن هذه العوامل :ـ

أ ـ عوامل ذاتية وتشمل مايلي :

١ ـ **مرحلة النمو :ـ** تكون سرعة التنفس عالية في بداية نمو الثمار ثم تبدأ بالانخفاض كلما تقدمت الثمار بالنمو حتى تصل الى اقل معدل في مرحلة البلوغ Maturation ثم ترتفع ثانية اثناء النضج النهائي . لذا يفضل حصاد الثمار في مرحلة البلوغ بسبب انخفاض معدل سرعة التنفس مما يطيل من القابلية الخزنية لها

٢ ـ **مكونات الثمرة الرئيسية :ـ** تختلف الثمار في تركيبها الكيمياوي فهناك بعض الانواع تخزن الاحماض العضوية وبعضها الاخر يخزن السكر وتبعا لذلك فان المادة المستهلكة في عملية التنفس ستختلف باختلاف التركيب الكيميلوي للثمرة . على اية حال فان الثمار الخازنة للاحماض العضوية تكون سرعة التنفس فيها عالية تليها الثمار الخازنة للسكر .

٣ ـ **نوع الانسجة :ـ** تختلف انسجة الثمار في سرعة تنفسها فمثلا الانسجة المرستيمية تكون سرعة تنفسها اعلى من الانسجة المسنة او المتقدمة في العمر وكذلك فان البذور غير البالغة تكون سرعة تنفسها اكثر من باقي انسجة الثمرة .

٤ ـ **حجم الثمرة :ـ** كلما زاد حجم الثمرة قلت سرعة تنفسها والسبب هو ان الثمار الكبيرة تكون اقرب الى البلوغ من الثمار الصغيرة لنفس الصنف اما اذا تساوت

الثمار في العمر فتكون سرعة التنفس في الثمار الكبيرة اقل مما هو عليه في الثمار الصغيرة وذلك لان سرعة التنفس تتناسب طرديا مع مجموع المساحة السطحية وبما ان الثمار الصغيرة يكون فيها مجموع المساحة السطحية الى الحجم اكثر مما هو عليه في الثمار الكبيرة لذا تكون سرعة تنفسها اكثر .

٥ ـ طبقة الكيوتكل :ـ

كلما زاد سمك طبقة الكيوتكل قل تنافذ الغازات وهذا يؤدي الى انخفاض سرعة التنفس

ب ـ عوامل خارجية : وتشمل ما يلي :ـ

١ ـ درجة الحرارة :ـ Temperature

تعتبر درجة الحرارة من العوامل الرئيسة التي تؤثر على سرعة تنفس الثمار فان ارتفاعها يؤدي الى زيادة سرعة التنفس . حيث تزداد سرعة التنفس بمعدل ٢ ـ ٣ مرة كلما ارتفعت درجة الحرارة (١٠ م) ضمن المدى الحراري بين صفر و٣٥ م . ان ارتفاع الحرارة عن ٣٥ م يؤدي الى انخفاض سرعة التنفس بسبب تغير الصفات الفيزياوية للانزيمات (Denaturation) والذي يؤدي الى تقليل فعاليتها . وتزداد سرعة حدوث الاضرار كلما اقتربت الحرارة من ٤٠ م اما اذا ارتفعت عن ٤٠ م فيسؤدي ذلك ذلك الى انخفاض شديد في سرعة التنفس وبالتالي موت الخلايا . ان سبب انخفاض سرعة التنفس عند تعرض الثمار لدرجة حرارة اعلى من ٣٥ م هو :ـ

أ ـ ارتفاع درجة الحرارة يسبب تراكم ثاني اوكسيد الكاربون داخل انسجة الثمرة مما يؤدي الى تقليل الفعاليات الحيوية ويضمنها التنفس .

ب ـ ارتفاع الحرارة يسبب بعض الاضرار للاغشية الخلوية مثل الانهيار المائي مما يمنع او يعيق التبادل الغازي لان الماء يحل محل الهواء في المسافات البينية .

٢ ـ تركيز الاوكسجين :ـ

هناك تناسب طردي بين تركيز الاوكسجين وسرعة التنفس اذا كانت نسبة الاوكسجين في هواء المخزن (٥ ـ ٣١ ٪) اما اذا زادت النسبة عن ٢١ ٪ فان سرعة

التنفس لا تتأثر في معظم انواع الثمار اما عند انخفاض نسبة الاوكسجين عن ٥ ٪ نجد ان سرعة التنفس تزداد وتستمر بالزيادة بشكل طردي حتى تعمل نسبة الاوكسجين في هواء المخزن صفر ٪ ان سبب زيادة سرعة التنفس عندما يكون الاوكسجين بنسبة (صفر ـ ٥ ٪) هو التخمر الكحولي او التنفس اللاهوائي للثمار والدليل على ذلك هو تحرر ثاني اوكسيد الكاربون بدون استهلاك للاوكسجين . ان معادلة التنفس اللاهوائي وتكوين الكحول هي :ـ

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

ولكي نتمكن من خزن الثمار اطول فترة ممكنة يجب خفض نسبة الاوكسجين في هواء الخزن كي تقل سرعة التنفس الى اقل ما يمكن مع منع حدوث عملية التنفس اللاهوائي .

٣ ـ تركيز ثاني أوكسيد الكاربون

ان زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكاربون الى حد معين في هواء المخزن يؤدي الى تقليل سرعة التنفس بسبب تراكمه حول الثمار مما يقلل من عملية التبادل الغازي . اما اذا ازداد تركيز ثاني اوكسيد الكاربون عن الحد المناسب فانه يسبب اضراراً للثمار تدعى باضرار التسمم بثاني اوكسيد الكاربون حيث يعمل على زيادة تراكم المواد السامة في الخلية مثل تراكم حامض السكسنيك الذي يؤدي الى حدوث ظاهرة القلب البني في ثمار التفاح .

٤ ـ تركيز الأثلين :ـ

تختلف الثمار في انتاجها وحساسيتها لغاز الأثلين الذي يعمل لزيادة سرعة التنفس في الثمار وخاصة الثمار ذات الخواص الكلايمكيترية التي سيأتي شرحها لذا لا بد من ازالة هذا الغاز من هواء المخزن لان وجوده يقلل من القابلية الخزنية للثمار .

٥ ـ الاضرار الميكانيكية والفسلجية :ـ

انّ هذه الاضرار تسبب زيادة سرعة التنفس لان الضرر يؤدي الى زيادة انتاج غاز الاثلينّ من الثمار المتضررة والذي يؤدي بدوره الى زيادة سرعة التنفس . تعتمد

سرعة التنفس على نوع ومقدار الضرر فقد وجد ان سقوط ثمرة البرتقال من ارتفاع ١٨ أنج ادى الى مضاعفة سرعة التنفس ١٠٠ مرة اكثر من الثمار التي لم تسقط على الارض كما هو موضح في الشكل (٦) Pantastico, 1975

الثمار الكلايمكتيرية : Climacteric Fruits

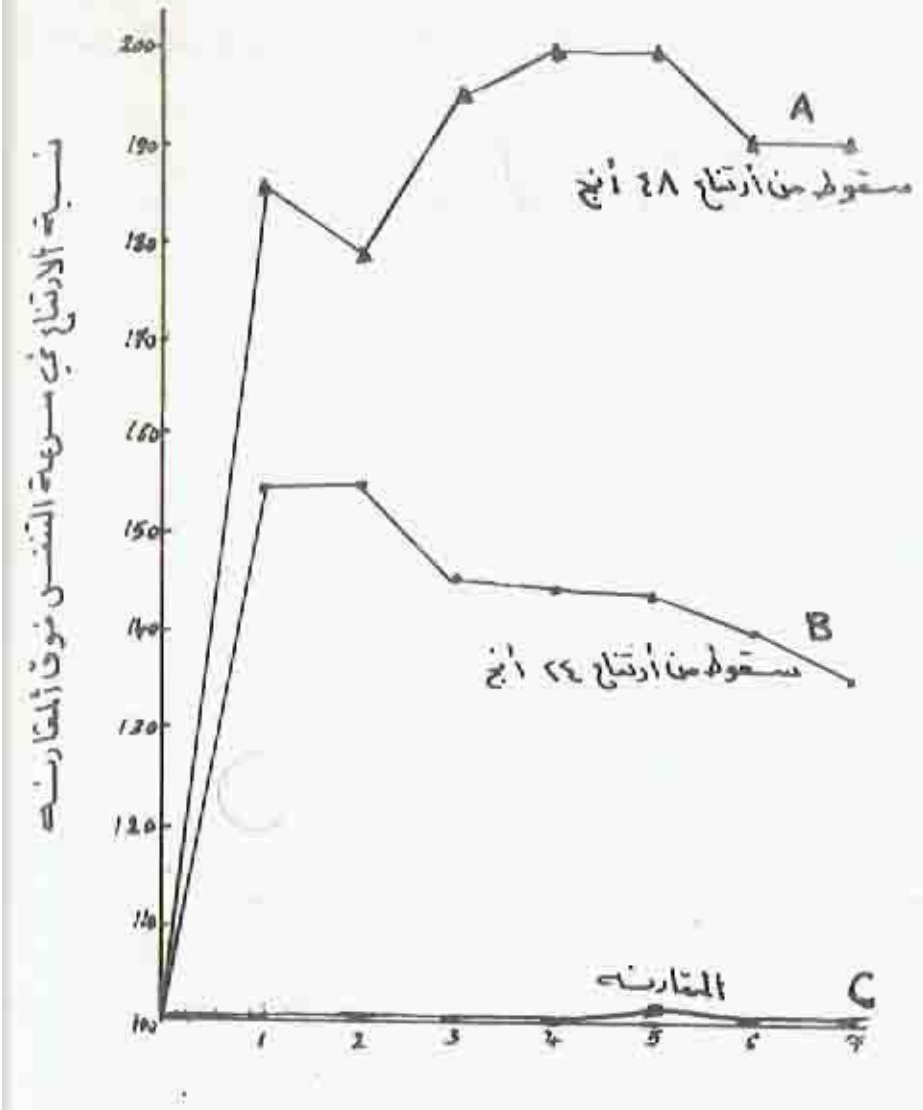
تعرف ظاهرة الكلايمكتيرك (التنفس النضجي) بانها الارتفاع المفاجيء في سرعة التنفس اثناء نضج بعض انواع الثمار وهذا يمكن ملاحظته في الشكل (٧) الذي يوضح وجود مجموعتين من الثمار احداهما تحدث فيها زيادة مفاجئة في سرعة التنفس اثناء النضج وتدعى مجموعة الثمار ذات الخواص الكلايمكتيرية والمجموعة الثانية لا تحدث فيها هذه الظاهرة بل نجد ان سرعة التنفس تستمر بالانخفاض بشكل تدريجي اثناء النمو والنضج وتدعى هذه المجموعة بالثمار غير الكلايمكتيرية . تقسم ظاهرة الكلايمكتيرك الى ثلاث مراحل هي :-

١ ـ مرحلة ما قبل الكلايمكترك pre Climacteric
٢ ـ مرحلة قمة الكلايمكتيرك Climacteric Peak
٣ ـ مرحلة ما بعد الكلايمكتيرك post Climacteric

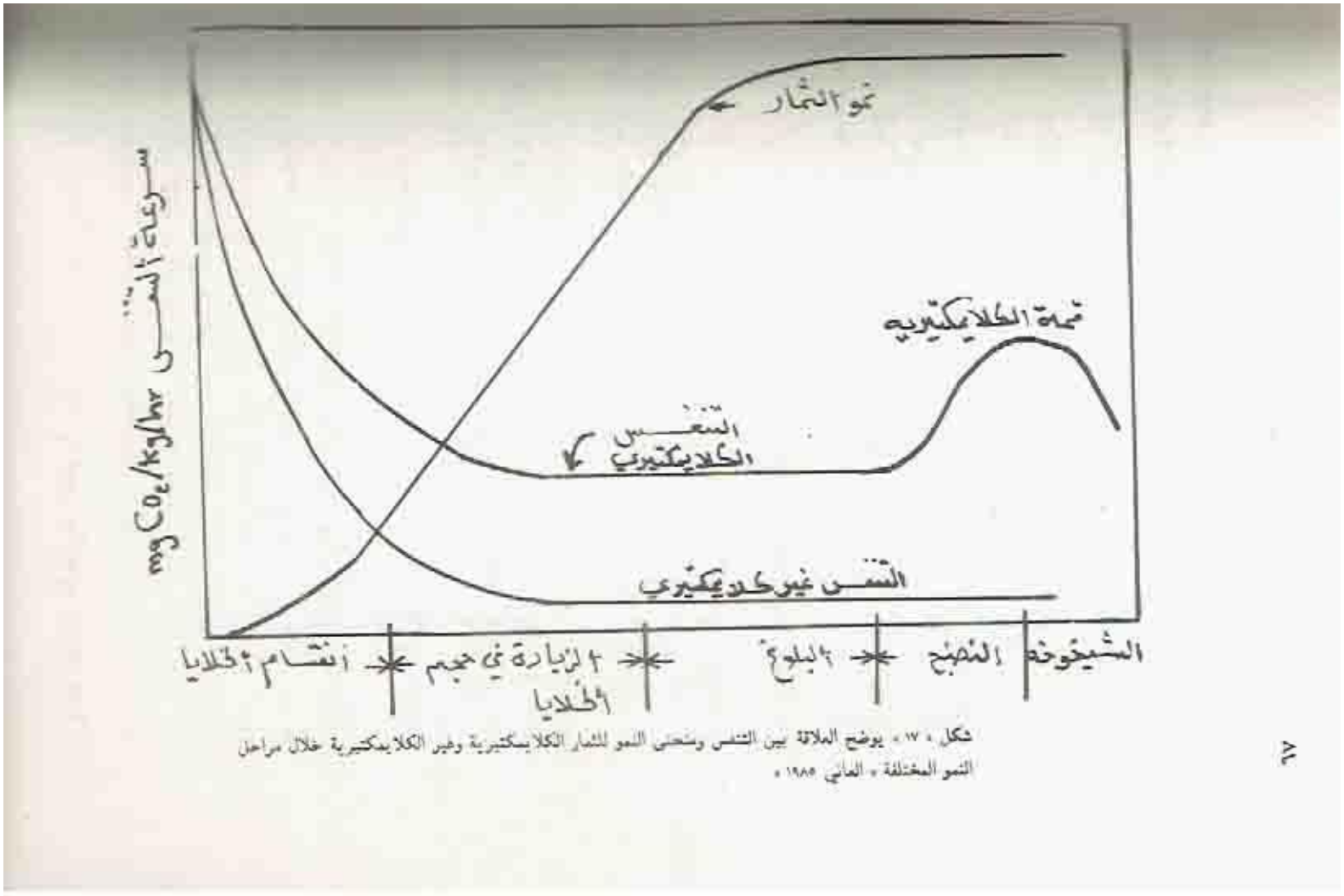
تختلف الثمار الكلايمكتيرية في موعد حدوث ظاهرة الكلايمكتيرك وطول الفترة الزمنية التي تستغرقها ومدى ارتفاع سرعة التنفس (Moore, . 1979) تبعا للنوع وظروف الخزن ودرجة الحرارة فقد امكن تأخير حدوث هذه الظاهرة لمدة ٣٠ يوم بمجرد تخفيض درجة الحرارة من ٢٠° م الى ١٥° م .

اسباب حدوث ظاهرة الكلايمكتيرك

ان الكلايمكترك مرحلة غير عكسية اي لا يمكن اعادة الثمار التي دخلت هذه الظاهرة الى حالتها الاولى . كما انها تعتبر المرحلة الاخيرة في حياة الثمرة والتي بعدها تدخل مرحلة الشيخوخة Senescence لذا اهتم الكثير من الباحثين في معرفة اسباب حدوث هذه الظاهرة بغية السيطرة عليها وقد تم التوصل الى العديد من الفرضيات التي تفسر اسباب حدوثها ومن اهمها :-



شكل (١٦) يوضح تأثير الاضرار الميكانيكية على معدل سرعة تنفس ثمرة البرتقال (فالنشيا) بدرجة حرارة ٦٠° ف (العاني ١٩٨٥) .



شكل « ١٧ » يوضح العلاقة بين التنفس ومنحنى النمو للثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية خلال مراحل النمو المختلفة « العاني ١٩٨٥ »

١ ـ زيادة نفاذية الأغشية الخلوية : ـ

تقترح هذه الفرضية ان ظاهرة الكلايمكتيرك تحدث نتيجة زيادة نفاذية الاغشية الخلوية للثمار اثناء النضج حيث ان ذلك يساعد على سرعة عبور المواد المتفاعلة Substrates المخزونة في الفجوات خلال الغشاء الخلوي المحيط بالفجوة واختلاطها مع الانزيمات الموجودة في السيتوبلازم وكذلك تؤدي زيادة النفاذية الى سرعة عبور المواد من السيتوبلازم الى المايتوكوندريا مما يزيد من سرعة التفاعلات الحيوية وزيادة الطاقة نتيجة زيادة سرعة التنفس .

٢ ـ زيادة تكوين الأحماض النووية والبروتينات والأنزيمات :

لقد لوحظ ان حدوث ظاهرة الكلايمكتيرك يسبقها ويرافقها تكوين بروتينات وانزيمات جديدة فقد وجد ان كمية البروتينات تزداد في ثمار التفاح والافوكادو والطماطة عند دخولها الى مرحلة الكلايمكتيرك (Bial, 1975) .

وكذلك فقد وجد ان بعض الانزيمات يزداد نشاطها اثناء حدوث هذه الظاهرة مثل انزيم الالدوليز Aldolase والكاربوكسيليز Carboxylare وأنزيم الماليك Malic Enzyme

٣ ـ زيادة نشاط المايتوكوندريا : ـ

ان المايتوكوندريا Mitochondria عبارة عن جسيمات مبعثرة جدا توجد في خلايا الكائنات العليا ولا توجد في الكائنات الدنيا وتعتبر مراكز انتاج الطاقة . تتكون الميتوكوندريا من غشاءين مزدوجين أحدهما داخلي والآخر خارجي . تحدث بداخل الميتاكوندريا دورة الاحماض العضوية الثلاثية وسلسلة انتقال الالكترونات وعملية أكسدة الاحماض الدهنية .

لقد وجد أنه كلما تقدمت الثمار بالنضج ازدادت فعالية المايتوكوندريا وتصل الحد الاقصى عندما تبلغ الثمار مرحلة النضج النهائي ويعتقد أن سبب زيادة نشاط المايتوكوندريا هو زيادة تكوين العوامل المساعدة CO- Factors التي تعتبر ضرورية لانتاج الطاقة بعملية التنفس مثل مركب(Adenosine Triphosphate) ATP (Nicotinanide Adenine Dinucleotide) NAD (Thiamine pyrophos phate) TPP خلال مرحلة الكلايمكتيرك

٩ ـ إنتاج الأثلين :ـ

أن الابحاث الحديثة اثبتت أن الزيادة المفاجئة في سرعة التنفس ما هي الا نتيجة تعتمد بالدرجة الاولى على زيادة تركيز الاثلين الداخلي الى الحد الذي يؤدي الى حدوث الزيادة في سرعة التنفس . وعلى هذا الاساس يمكن تعريف ظاهرة الكلايمكتريك بانها مرحلة معينة في حياة بعض انواع الثمار تبدأ فيها سلسلة من التغيرات الفسلجية والحيوية نتيجة المعاملة بالاثلين أو ارتفاع مستوى الاثلين الداخلي الى المقدار المؤثر فسلجيا مما يؤدي الى حدوث زيادة مفاجئة في سرعة التنفس وأكتمال نضج الثمار (Biale-1975) كما هو موضح في الشكل (١٨) .

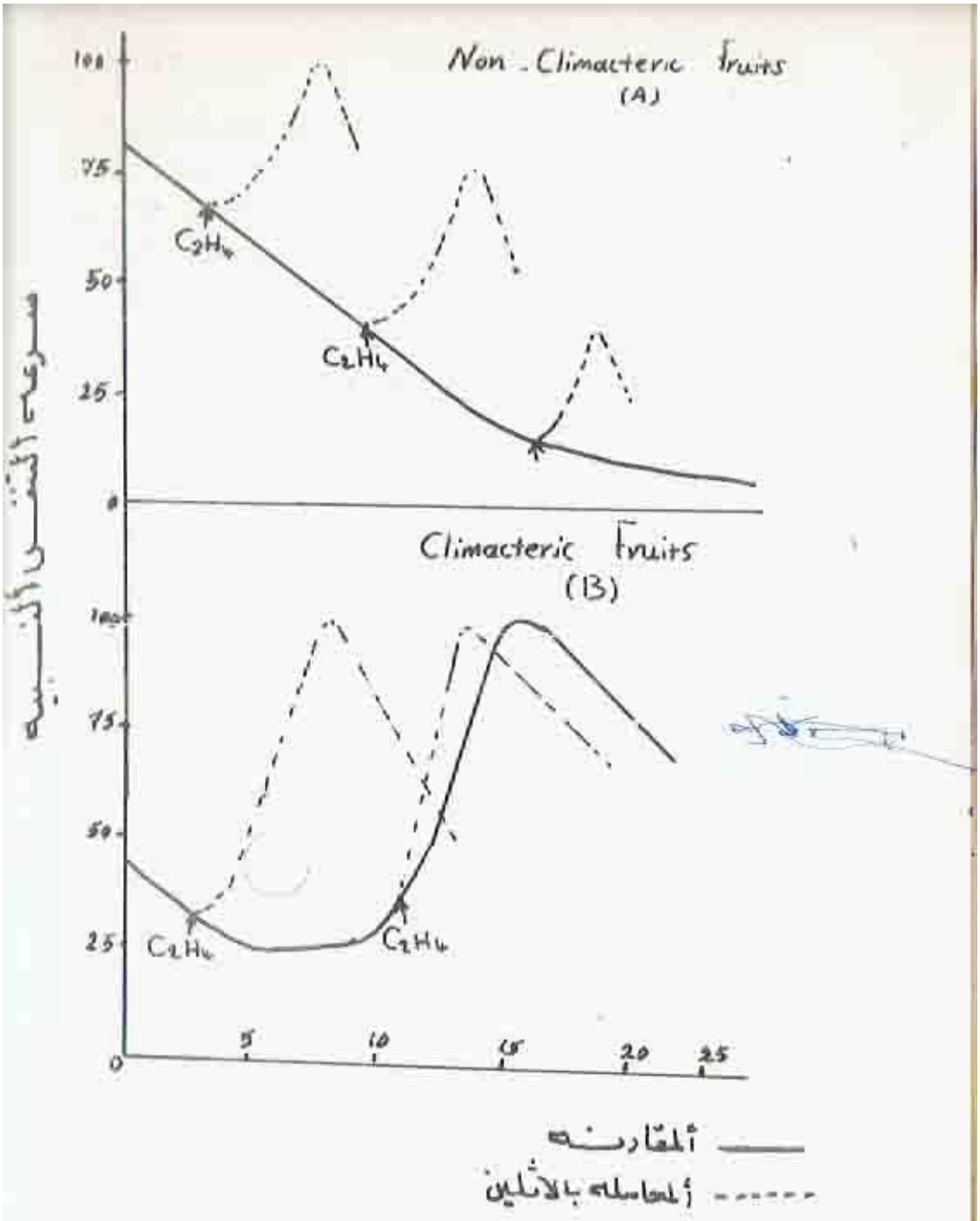
الاختلافات بين الثمار الكلايمكتيرية والثمار غير الكلايمكتيرية :

١ ـ الثمار الكلايمكتيرية تمتاز بان انتاجها لغاز الاثلين يكون قليلا قبل حدوث ظاهرة الكلايمكتيريك ثم يزداد تركيز غاز الاثلين داخل الثمار مما يؤدي الى زيادة تحرر غاز الاثلين من الثمار وتكون هذه الزيادة قبل بدء ارتفاع سرعة التنفس مما يثبت أن الاثلين هو السبب المباشر لحدوث ظاهرة الكلايمكتيرك أما الثمار غير الكلايمكتيرية فإن انتاج الاثلين فيها لا يتغير اثناء النضج ويكون مستواه قليلاً جداً مقارنة بالثمار الكلا يمكتيرية

٢ ـ ان معدل سرعة التنفس في الثمار الكلايمكتيرية يبدأ بالانخفاض كلما تقدمت الثمرة بالنمو حتى يصل الى أوطأ مستوى في مرحلة البلوغ Maturation . بعد ذلك تزداد سرعة استهلاك الاوكسجين (سرعة التنفس) زيادة مفاجئة حيث تصل الى اعلى حد لها عند النضج النهائي يعقب ذلك انخفاض في سرعة التنفس ثم تدهور الثمار وموتها . أما الثمار غير الكلايمكتيرية فان سرعة التنفس فيها تتناقص تدريجيا بتقدم نمو الثمرة حتى تصل الى مرحلة التدهور دون حدوث اي زيادة مفاجئة في سرعة التنفس . جدول (٣ . ٣) .

٣ ـ إن معاملة الثمار الكلايمكتيرية بغاز الاثلين سيحفزها على انتاج الاثلين الطبيعي الذي يسبب الاسراع في نضج الثمار .

أي انها تحتاج الاثلين الصناعي كمحفز فقط حيث يمكنها أن تستمر بالنضج بعد إزالة الاثلين الصناعي بعكس الثمار غير الكلايمكتيرية فان معاملتها بالاثلين



شكل ٢٨ ، يبين تأثير المعاملة بغاز الاثلين على معدل سرعة تنفس الثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية ، العاني ١٩٨٥ .

جدول (٢) يبين المقارنة في سرعة تنفس الثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية • العالي ١٩٨٥ م .

النوع	سرعة التنفس	ml Co2/Kg/hr
	في بداية حدوث ظاهرة الكلايمكتيرك	في قمة ظاهرة الكلايمكتيرك
أ ـ انواع ذات خواص كلايمكتيرية		
١ ـ التفاح	٨	١٥
٢ ـ الافوكادو	٣٥	١٥٥
٣ ـ الموز	٢٠	٦٠
٤ ـ الكمثرى	١٢	٣٣
ب ـ انواع ليست لها خواص الكلايمكتيرية	اكتمال النضج	لا تحدث ظاهرة الكلايمكتيرك
١ ـ العنب	١٣	ـ
٢ ـ الليمون	١٠	ـ
٣ ـ البرتقال	١٣	ـ
٤ ـ الشليك	٦٥	ـ

الصناعي يزيد سرعة تنفسها ونضجها ولو أزيل الأثلين الصناعي تعود سرعة تنفس هذه الثمار الى وضعها السابق قبل المعاملة بالاثلين والسبب هو عدم مقدرتها على انتاج الاثلين الطبيعي اللازم لاستمرار عملية النضج .

معامل التنفس :ـ (RQ) Respiratory Quotient

ويعرف بانه عدد الاوزان الجزيئية (Moles) من غاز ثاني اوكسيد الكاربون التي تتحرر نتيجة التنفس مقسومة على عدد الاوزان الجزيئية من غاز الاوكسجين الضرورية في عملية التنفس .

جدول (٢) يبين اهم انواع الثمار ذات الخواص الكلايمكتيرية والثمار غير الكلايمتيرية ، العاني ١٩٨٥ .

ثمار ليست لها خواص كلايمكتيرية Non-Climacteric Fruits	ثمار ذات خواص كلايمكتيرية Climacteric Fruits
Cherry الكرز	Apple التفاح
Cucumber الخيار	Apricot المشمش
Crape العنب	Avocado الافوكادو
Grape Fruit الكريب فروت	Banana الموز
Lemon الليمون	Fig التين
Orange البرتقال	Mango المانكو
Pinapple الأناناس	Melons البطيخ
Straw berry الشليك	Tomato الطماطة
Cashew الكاشو	Peach الخوخ
pepper الفلفل	Plum الاجاص
	Pear الكمثرى

$$RQ = \frac{CO_2 \text{ Evolved}}{O_2 \text{ COnsumed}}$$

معامل التنفس = ثاني اوكسيد الكاربون الناتج / الأوكسجين المستهلك

عندما تكون المادة المستهلكة في التنفس هي الكاربوهيدرات يكون حساب معامل التنفس كما يلي :-

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 686 \text{ K cal /Mol}$$

$$I = \frac{6}{6} = \frac{\text{عدد جزيئات } Co_2 \text{ الناتج}}{\text{عدد جزيئات } O_2 \text{ المستهلك}}$$

معامل التنفس =

أما عندما تكون الاحماض الامينية أو البروتين هي المستهلكة في عملية التنفس فمعامل التنفس هو :-

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH + 6O_2 \rightarrow 5CO_2 + 4H_2O + NH_3$$

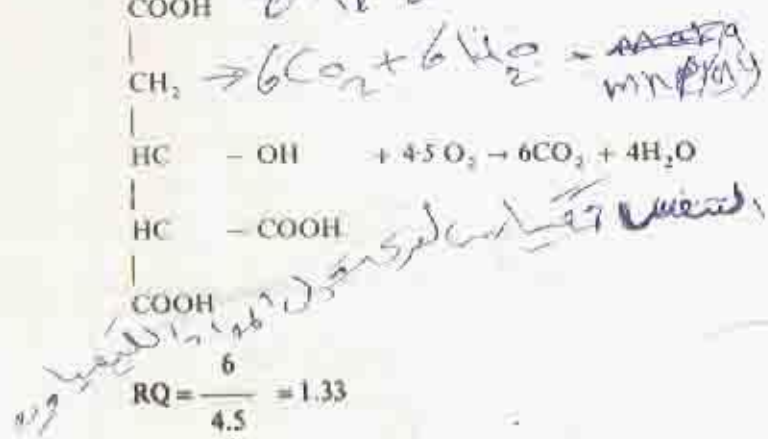
$$RQ = \frac{5}{6} = 0.83$$

أما بالنسبة للدهون أو الاحماض الدهنية فيحسب الـ RQ كما يلي :-

$$C_{18}H_{38}O_2 + 26.5\,O_2 \longrightarrow 18\,CO_2 + 19\,H_2O$$

$$RQ = \frac{18}{26.5} = 0.68$$

أما الأحماض العضوية فان معامل التنفس لها اعلى من جميع المركبات الأخرى وكما يلي :-



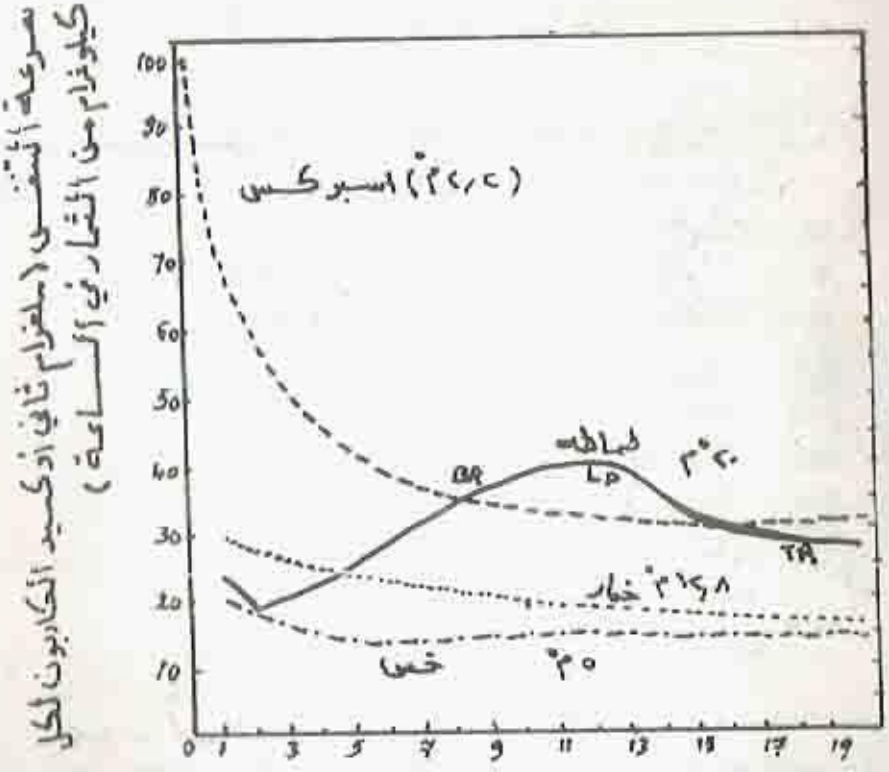
$$RQ = \frac{6}{4.5} = 1.33$$

يتضح مما سبق أن معامل التنفس يوضح نوع المادة المستهلكة في عملية التنفس وعلى ضوء ذلك يمكن القول اذا كان الـ RQ = 1 فمعنى ذلك أن المواد المستهلكة هي سكريات . واذا كانت أكثر من (1) فيعني أحماضا عضوية أما اذا كان أقل من (1) فيعني أما بروتينات أو دهونا .

تأثير سرعة التنفس على خزن الثمار :-

يمكن اعتبار سرعة التنفس كمقياس لسرعة تحول المواد الكيمياوية المخزونة الى مواد جاهزة للاستهلاك في التنفس كتحول النشا الى سكر أو سرعة فقدان فيتامين C فكلما كانت سرعة التنفس عالية زاد استهلاك المركبات الكيمياوية المخزونة وقصرت فترة الخزن أي أن طول مدة الخزن تتناسب عكسيا مع سرعة التنفس كما

هو عند مقارنة درجات البطاطا مع السابق حيث تجد أن سرعة التنفس في البطاطا قليلة مقارنة بالسابق وبالمقابل فان طول مدة خزن البطاطا أكثر من ١٠ أضعاف مدة خزن السابق . ويوضح الشكل (١٩) سرعة التنفس لانواع مختلفة من الفواكه والخضر بعد الجني



MG . ثمار خضراء بالغه
BR . ثمار متحوله
LP . وردي فاتح
TR . ثمار ناضجه

شكل ١٩ . يوضح الاختلاف في معدل سرعة التنفس بعد ٢٠ يوم من الحصاد لبعض انواع الفواكه في درجات حرارة مختلفة . المالي ١٩٨٥ .

الفصل الخامس

الانضاج الصناعي للثمار

المقصود بالانضاج الصناعي هو الاسراع في وصول الثمار الى حالة تصبح فيها صالحة للاستهلاك أبكر من النضج الطبيعي على الاشجار ويتم ذلك باستخدام بعض المواد الكيمياوية التي من شأنها تنشيط العمليات الحيوية المختلفة التي تؤدي الى النضج مثل تحول اللون وزيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة وزيادة طراوة الثمار وغيرها .

• لقد استخدم الانسان الانضاج الصناعي منذ القدم ولا سيما الصينيون حيث كانوا ينضجون الكمثرى بوضعها في سراديب أو كهوف يحرق فيها البخور .

أما في العراق فلا زال بعض المزارعين يقومون بانضاج بعض الثمار صناعياً مثل الطماطة بكمرها في أكوام التبن حيث تحتفظ الثمار بالحرارة الحيوية الناتجة من عملية التنفس إضافة الى تراكم غاز الاثلين الناتج من الثمار بصورة طبيعية حتى يصل الى الحد الذي يساعد على النضج . إن هذه الطريقة بطيئة تؤدي الى زيادة نسبة التلف .

هناك طريقة أخرى للانضاج الصناعي وتتلخص باستخدام غرف مغلقة يحرق فيها الفحم أو الكيروسين فترتفع الحرارة ويتراكم الدخان الحاوي على الغازات الهيدروكاربونية مثل الاثلين والاستيلين فتنضج الثمار . ولهذه الطريقة عيوبها الكثيرة منها أن مدة الانضاج تكون طويلة مما يؤدي الى فقدان الثمار نكهتها وزيادة نسبة التلف أضافة الى عدم تجانس اللون في الثمار .

فوائد الانضاج الصناعي :ـ

١ ـ توفير الثمار قبل موسمها الطبيعي فتباع باسعار مرتفعة مما يزيد من دخل المزارع ويشجعه على التوسع في زراعة ذلك المحصول .

٢ ـ أطالة مدة توفر المحصول في السوق والسيطرة على تباين الاسعار ومنع تكدس المحصول في فترة قصيرة حيث يمكن أن تتم عملية التسويق للمحصول على ثلاث مراحل هي :ـ

أ ـ إنضاج قسم من المحصول صناعيا وتسويقه قبل موعده الطبيعي .

ب ـ خزن جزء من المحصول في مرحلة البلوغ وأنضاجه وتسويقه عندما يقل توفره في السوق .

جـ ـ ترك جزء من المحصول ينضج بشكل طبيعي على الاشجار وتسويقه خلال الموسم الطبيعي للمحصول .

٣ ـ تقليل عدد مرات الجني كما في حالة انضاج التين وذلك برش الاشجار بمادة الاثرل الذي يبكر نضج الثمار بمعدل أسبوعين ويقلل عمليات الجني من خمس مرات الى مرة واحدة (إبراهيم ١٩٨٢) .

٤ ـ تسهيل عملية شحن وتداول الثمار ، ويتم ذلك بجني الثمار في مرحلة اكتمال النمو Maturation وهي لا تزال خضراء صلبة تحمل عمليات التداول ثم تجرى عملية الانضاج الصناعي قبل عرضها للاسواق وأخيراً تقليل نسبة التلف كما في الطماطة والكمثرى والموز .

٥ ـ الحصاد الميكانيكي للثمار ، ان الانضاج الصناعي يعني وصول جميع الثمار الى درجة متجانسة من النضج والتلون لذا يمكن حصادها ميكانيكياً مثل الكمثرى والبرتقال وجميع ثمار النقل .

٦ ـ تحسين خصائص الطعم والنكهة لبعض الثمار وخاصة ثمار الموز حيث أن الثمار المنضجة صناعيا تكون أجود من الثمار الناضجة على النبات من حيث اللون والطعم والنكهة . كذلك فان الانضاج الصناعي يساعد على إزالة التانينات والطعم القابض لبعض الثمار مثل الكاكي والمانكو وفيما يتعلق بالطماطة فإن ارتفاع حرارة الحقل يمنع تلون الثمار باللون الزاهي بل تبقى صفراء أو تصاب بلفحة الشمس لان الحرارة المرتفعة تمنع تكوين صبغات الكاروتين واللايكوبين لذا فان جني الثمار البالغة وإنضاجها صناعياً يعطي أفضل النتائج من حيث اللون وتركيز الكاروتين (Al-Ani 1984) وبالرغم من النتائج

الايجابية للانضاج الصناعي هناك بعض المشاكل التي تحدث من جراء هذه المعاملة هي :-

١- إن الانضاج الصناعي يقلل من القابلية الخزنية للثمار
٢- سهولة إصابة الثمار بالامراض الفطرية والبكتيرية أثناء الشحن لان الثمار الناتجة تتميز بزيادة سرعة تنفسها وزيادة إنتاج الاثلين
٣- عدم استجابة بعض الثمار للانضاج الصناعي بعد الحصاد مثل العنب والتين لذا يجب اجراء الانضاج لمثل هذه الانواع قبل حصادها وذلك برشها ببعض منظمات النمو .

الانضاج الصناعي قبل الحصاد :-

ويتم باستخدام بعض منظمات النمو واهمها الايثرل الذي يعتبر المنظم الوحيد الذي تتوفر فيه شروط الاستعمال على الثمار لكونه عديم التأثيرات الجانبية على الانسان كذلك تخلو الثمار المعاملة به من الاثر المتبقي Residual Effect الضار للمستهلك ويعود السبب في ذلك هو ان جميع نواتج تحلل مادة الايثرل غير ضارة كما انها موجودة بشكل طبيعي في الثمار . ان الايثرل هو اسم تجاري للمركب الذي انتجته شركة (ام كيم) الامريكية (AMCHEM) عام ١٩٦٧ والمادة الفعالة فيه هي الايثفون Ethephon وتركيبها الكيمياوي هو :-
2-Chloroethyl phosphonic Acid

كيفية تحلل الايثفون :-

يتميز الايثفون بكونه ثابتاً في المحيط الحامضي القوي وخاصة عندما يكون الاس الهيدروجيني (PH) اقل من ٣.٥ . وحين تمتصه الاوراق او الثمار فانه يتحلل الى مكوناته الاساسية نتيجة لارتفاع الاس الهيدروجيني وتكون نتائج التحلل كما يلي غاز الاثلين وغاز الكلور وحامض الفسفوريك .

$$Cl_CH_2_CH_2_P(=O)(O^-)_O^- \xrightarrow{OH^-} CH_2=CH_2 + Cl_2 + H_3PO_4$$

الايثفون — الاثلين

تختلف سرعة تحلل الايثفون داخل الثمار اعتماداً على حموضة العصير الحلوي للثمرة . فكلما زادت حموضة العصير قلت سرعة التحلل والعكس صحيح . فمثلاً في ثمار الخيار تصل سرعة تحلل الايثفون داخل الثمرة الى اقصى سرعة بعد « ٨ » ساعات اما في ثمار الطماطة فإن سرعة تحلله تصل الى الحد الاقصى بعد مرور يومين على المعاملة بالايثرل « العاني ١٩٨٥ » .

الانضاج الصناعي قبل الجني لبعض انواع الثمار :ـ

١ ـ انضاج ثمار الكمثرى :ـ تختلف ثمار الكمثرى في موعد ودرجة نضجها حسب الاصناف فمثلاً الصنف Angou وبعض الاصناف الصيفية لا تنضج على الاشجار حتى بعد سقوط اوراقها . ان بقاء الثمار على الاشجار لفترة طويلة يعرضها لدرجات الحرارة المنخفضة ليلاً والتي تسبب نضج الثمار قبل بلوغها وتسمى هذه الظاهرة Premature Ripening وتكون الثمار في هذه الحالة طرية جداً او تتساقط قبل القطف وهذا يسبب تلفها . كما ان الثمار الناضجة قبل البلوغ تستعمل للتصنيع فقط لكونها رديئة لا تصلح للاستهلاك المباشر . لذا يفضل استخدام الانضاج الصناعي لمثل هذه الاصناف حيث يمكن استعمال الايثفون وذلك برشه على الاشجار لتبكير نضجها . وان الموعد المناسب للرش هو قبل القطف الطبيعي باسبوع . لكن الرش يزيد من نسبة تساقط الثمار لذا يفضل استعمال بعض الاوكسينات قبل رش الايثفون على الثمار مثل (NAA) نفثالين استيك اسيد بتركيز (١٠) جزء بالمليون لمنع تساقط الثمار .

إن الثمار المعاملة بالايثفون تكون غير صالحة للخزن لان نسبة التلف فيها الية تصل الى ٥٠ ٪ عند خزنها بدرجة الصفر المئوي لذلك فإن الثمار المنضجة صناعياً تستعمل للتصنيع او التسويق المباشر .

٢ ـ إنضاج ثمار التين :ـ إن منحنى نمو ثمار التين من النوع المزدوج اي يتكون من دورتين Double Sigmoid Curve تفصل بينهما فترة خمول نسبي تبدأ بعد نهاية مرحلة انقسام الخلايا وخلال هذه الفترة تتوقف الثمار عن النمو مما يسبب تأخير نضجها .

لقد وجد ان استعمال المنظمات يمكن ان يكسر فترة الخمول النسبي ويبكر في النضج اضافة الى تقليل عدد مرات الجني الى مرة واحدة . ومن بين هذه المنظمات هو الايثفون و Trichlorophenoxyacetic acid (2,4,5-T)

ان افضل موعد لرش مادة الايثرل (الايثفون) هو خلال مرحلة الخمول النسبي وخاصة النصف الثاني فيها ففي صنف التين الوزيري ان افضل موعد لرش الايثفون هو عندما تكون الثمار بعمر ٥٥ يوما ولان الرش في هذا الموعد قد يكر النضج بمقدار ١٨ يوما كما انه ضاعف وزن وحجم الثمار اضافة الى زيادة وزن العادة الحافة والبروتين علما ان التركيز كان ٥٠٠ جزء بالمليون اثرل اما الصنف كادوتا فإن التركيز المفضل هو ٣٥٠ جزء بالمليون اثرل وموعد الرش عندما تكون الثمار بعمر ٥٥ يوما ايضا . لكن الاستجابة كانت اقل مما هو عليه في الصنف الوزيري من حيث الصفات النوعية والكمية (ابراهيم ١٩٨٢)

٣ ـ **انضاج الثمار ذات النواة الحجرية** : ـ يعتبر الانضاج الصناعي قبل الجني مفيدا في الثمار ذات النواة الحجرية التي تستخدم لاغراض التصنيع لانه يمكن جنيها ميكانيكيا بواسطة الات خاصة تقوم بهز الاشجار يتم الانضاج باستخدام الايثرل الذي يرش على الاشجار عند وصول معظم الثمار الى مرحلة البلوغ حيث يؤدي الى تبكير نضج الثمار وتجانس لونها كما انه يسهل عملية انفصال الثمار عن الشجرة لانه يشجع على تكوين منطقة الانفصال

تختلف الثمار ذات النواة الحجرية في استجابتها لمنظمات النمو ففي حالة الخوخ الصوفي فإن الاثرل والالار يستعملان في تبكير نضج الثمار بينما في الخوخ الاملس يستعمل الاثرل او السيكوسيل لتبكير نضج الثمار

٤ ـ **انضاج ثمار الطماطة** : ـ يستعمل الايثرل لانضاج ثمار الطماطة صناعيا قبل القطف وتتراوح التراكيز المستعملة قبل القطف بين ٢٥٠ ـ ٣٠٠٠ جزء بالمليون . ويرش الايثرل عند وصول نصف كمية الحاصل الى الحجم النهائي Maturation او مرحلة النضج الاخضر Maturegreen ان الفوائد الناتجة من استعمال الاثرل لانضاج الطماطة المخصصة للجني الميكانيكي يمكن حصرها بما يلي : ـ

أ ـ تتساوى الثمار بدرجة نضجها فتقل تكاليف عزل الثمار الخضر عن الناضجة .
ب ـ سهولة انفصال الثمار عن النبات دون ان تتضرر الثمار .
جـ ـ انضاج جميع الثمار مرة واحدة يقلل من مقدار التلف وفقدان الوزن في النقل
د ـ الاستغناء عن الغرف المخصصة لانضاج الطماطة صناعيا بعد الجني .
هـ ـ التبكير في النضج يزيد من سعر الثمار .

طرق الانضاج الصناعي بعد الجني : ـ

هناك عدة طرق لانضاج الثمار صناعياً منها ما هو بدائي او قديم ومنها ما هو حديث وهي : ـ

١ ـ طريقة الكمر : ـ

٢ ـ استخدام مواقد الفحم والكيروسين : ـ

وهما من الطرق القديمة وقد سبق توضيحهما في بداية الموضوع .

٣ ـ غرف الانضاج : ـ

وهي غرف خاصة تتم فيها السيطرة على درجة الحرارة والرطوبة النسبية بواسطة اجهزة تبريد ميكانيكية مع اجهزة اضافة بخار الماء واجهزة تهوية وتبديل هواء الغرف عند الحاجة . وتعتمد هذه الطريقة على رفع درجة الحرارة الى ٢٠ ـ ٢٥° م في غرفة الانضاج مما يزيد من سرعة انتاج الاثلين فتزداد سرعة التنفس وتحدث عملية النضج . من اهم عيوب هذه الطريقة كونها بطيئة مما يؤدي الى زيادة سرعة التلف نتيجة لارتفاع الحرارة والرطوبة والتي تساعد على نمو وانتشار الاحياء المجهرية المسببة للتعفن او التلف .

٤ ـ استخدام غاز الاستيلين : ـ

وتتم هذه العملية بوضع الثمار في غرف محكمة تحتوي على كاربيد الكالسيوم الذي يوضع في اوعية خاصة ثم يرش الماء فوق كاربيد الكالسيوم لتحرر غاز الاستيلين . عندما يراد تركيز قليل من الاستيلين يترك كاربيد الكالسيوم في الاوعية دون رش الماء عليه حيث ان الرطوبة الناتجة من تنفس الثمار ومن عمليات التبخر تتكاثف على الارضية فتلامس كاربيد الكالسيوم الذي يحرر غاز الاستيلين بشكل تدريجي لحين النضج .

$$CaC_2 + 2H_2O \text{ -------> } C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

عيوب استخدام غاز الاستيلين : ـ

١ ـ سريع الإشتعال والانفجار لذا يجب عدم ادخال مواقد الفحم او التدخين داخل غرف الانضاج .

ب ـ سام للانسان لذا لابد من ارتداء اقنعة ضد الغازات السامة .

ج ـ عدم تجانس النضج في الثمار المنضجة بالاستيلين

٥ ـ **استخدام غاز الاثلين :** ـ ان انضاج المحاصيل بالاثيلين يتطلب غرفا خاصة يتم فيها السيطرة على درجة الحرارة والرطوبة وتركيز الغاز المستعمل للانضاج اما باسطوانات او اجهزة توليد .

ويعتبر الانضاج الصناعي بالاثلين من افضل الطرق واكفئها لكونه اكثر فاعلية من غاز الاستيلين حيث تقدر فاعليته بمقدار ١٣٥٠٠ مرة اشد من فاعلية الاستيلين في معظم التاثيرات الفسلجية .

ان غاز الاثلين سريع الاشتعال والانفجار لكن التركيز المستعمل منه يكون قليلا جدا مقارنة بالاستيلين حيث ان ١٠٠٠ جزء بالمليون من الاثلين يقابلها استعمال ١٢٥٠٠٠٠٠ جزء بالمليون استيلين ولكي يصبح الاثلين قابلا للاشتعال او الانفجار يجب ان يصل تركيزه في هواء الغرفة الى ٧٥ ٠ ٪ او اكثر (Ashrae, 1972) وهذا يعادل ٢٧٥٠٠ جزء بالمليون وهذا اعلى بكثير من التركيز اللازم لانضاج معظم انواع الثمار .

تختلف الثمار في مدى استجابتها لغاز الاثلين اعتمادا على مرحلة نموها حيث تكون الثمار المكتملة النمو او الناضجة فسلجيا Mature اكثر استجابة للمعاملة بالاثلين مقارنة بالثمار غير البالغة Immature .

طرق اضافة الاثلين الى غرف الانضاج

١ ـ اضافة الغاز بشكل دفعات :ـ

ويتم ذلك بضخ الاثلين داخل غرف الانضاج ويستمر الضخ حتى يصل الى التركيز المطلوب بعدها يقطع الضخ وبعد مرور ٢٣ ـ ٢٤ ساعة تفتح غرف الانضاج لتهويتها ثم تعاد العملية ثانية وهكذا حتى نضج الثمار ويبين جدول (٤) تراكيز الاثلين اللازمة لانضاج بعض انواع الثمار .

من عيوب هذه الطريقة تراكم غاز ثاني اوكسيد الكاربون الناتج من عملية التنفس لذا يجب تهوية الغرفة وتجديد هوائها ان ارتفاع تركيز ثاني اوكسيد الكاربون في غرفة الانضاج اكثر من ١ ٪ يمنع نضج الثمار ويبطل مفعول الاثلين

جدول «٤» الظروف المناسبة لانضاج بعض انواع الثمار صناعيا بواسطة الاثلين والمدة اللازمة للانضاج «العاني ١٩٨٥»

النوع	تركيز الاثلين (جزء بالمليون)	درجة الحرارة (ف)	الرطوبة النسبية	المدة اللازمة للانضاج
الموز	١٠٠٠	٦٥ ـ ٧٠	٩٠ ـ ٩٥	يومان او اكثر
الكمثرى	١٠٠٠	٧٠ ـ ٨٠	٩٠	٤ ـ ٨ يوم
الكاكي	١٠٠٠	٦٥ ـ ٧٠	٩٠	يومان
التمر	١٠٠٠	٦٥ ـ ٧٠	٩٠	٥ ـ ٦ يوم
المانكو	١٠٠٠	٦٥ ـ ٧٠	٩٠ ـ ٩٥	٣ ـ ٤ يوم
الافوكادو	١٠٠٠	٦٥ ـ ٧٠	٩٠ ـ ٩٥	٢ ـ ٣ يوم
البرتقال	٥٠٠ ـ ١٠٠٠	٨٠ ـ ٩٠	٩٠	٣ ـ ٥ يوم
الليمون	١٠٠ ـ ١٠٠٠	٦٦ ـ ٧٠	٨٥ ـ ٨٠	٣ ـ ٤ يوم
الطماطة	٢٥٠ ـ ١٠٠٠	٦٥ ـ ٦٨	٨٥ ـ ٩٠	٤ ـ ٦ يوم
البطيخ	١٠٠٠	٦٥	٨٥ ـ ٩٠	٣ ـ ٤ يوم

٢ ـ اضافة الاثلين على شكل تيار مستمر :ـ

في هذه الطريقة يضاف غاز الاثلين مع تيار من الهواء يدخل الى غرفة الانضاج ويخرج منها ثانية على ان يبقى تركيز الاثلين ثابتاً . من مزايا هذه الطريقة استخدام تراكيز قليلة من غاز الاثلين لاتمام النضج والذي يتراوح من ٢٠ ـ ٣٠ جزء بالمليون بعكس الطريقة الاولى التي يستخدم فيها تراكيز اعلى . ومن مزاياها ايضاً منع تراكم ثاني اوكسيد الكاربون لان الهواء يتجدد باستمرار لذا يكون النضج بهذه الطريقة متجانساً ومنتظماً . اما الفترة الزمنية اللازمة للانضاج بهذه الطريقة فتختلف باختلاف انواع الثمار ولكن بصورة عامة تكون المدة من ٢٤ ـ ٧٢ ساعة .

ان درجة حرارة غرفة الانضاج التي يستعمل فيها الاثلين تتراوح بين ٦٥ ـ ٨٠ من حسب الانواع . ان ارتفاع او انخفاض الحرارة عن الحد المطلوب يؤخر عملية النضج او يزيد من سرعة تلف الثمار اثناء الانضاج . اما الرطوبة المناسبة لمعظم

الانواع فتتراوح بين ٨٠ ـ ٩٥٪ وان ارتفاع الرطوبة عن الحد المناسب يسبب تكاثف الماء على سطح الثمار فيؤدي الى تأخير عملية النضج ويزيد من سرعة تلف الثمار بسبب انتشار الاحياء المجهرية اثناء عملية الانضاج . اما انخفاض الرطوبة فيسبب الفقد في الوزن اضافة الى ذبول الثمار وحدوث اضرار فسلجية على سطح الثمار .

إن تأثير الاثلين في عملية الانضاج الصناعي تتلخص في تحطيم البلاستيدات الخضر وزيادة تركيز ونشاط أنزيم الكلوروفيليز Chlorophyllase الذي يحلل الصبغة الخضراء . كما أنه يساعد على نشاط الانزيمات التي تحلل النشا الى سكريات والبروتين الى أحماض امينية واليكتين غير الذائب الى بكتين ذائب .

٦ ـ الانضاج باستعمال الايثرل :ـ

أن لاستخدام مادة الايثرل يعد الجني العديد من الفوائد منها :ـ

أ ـ أن استعمال هذه المادة يبعدنا عن خطر الانفجار أو الاشتعال لكونها مادة سائلة تمتزج مع الماء بسهولة .

ب ـ سهلة الاستعمال . حيث يتم تغطيس الثمار في أحواض تحتوي على التركيز المطلوب من مادة الاثيرل أو برش المادة على الثمار .

جـ ـ طريقة رخيصة لانها لا تحتاج الى غرف إنضاج متطورة .

أما عيوب استعمال الايثرل فهي :ـ

أ ـ أن عملية الانضاج باستعمال الايثرل بطيئة لانها يجب أن تمتصها الثمار تحللها الى غاز الاثلين الذي يعطي التأثير .

ب ـ أن تغطيس الثمار بالايثرل أو رشها يساعد على انتقال المسببات المرضية ، الثمار المصابة الى الثمار السليمة لذا لابد من غسل الثمار وتعقيمها أو ع الثمار المصابة قبل البدء بعملية الانضاج .

التلوين الصناعي للثمار

تعني هذه العملية إضافة اللون الى قشرة الثمار كمعاملة اضافية أثناء إعداد الث للتسويق وخاصة في الثمار التي تكون الوانها غير جذابة أو غير زاهية . فعند انض بعض أصناف الحمضيات صناعيا فان قسماً منها يكون لونه شاحباً ولذلك تض ألوان صناعية الى قشرة الثمار . كما أن هذه العملية تستخدم مع بعض الثمار الناض

طبيعيا في الحقل فمثلا في ولاية فلوريدا الامريكية لا تكتسب ثمار البرتقال لونها الزاهي عندما تنضج على الاشجار بسبب عدم ملاءمة الظروف البيئية وخاصة الحرارة والرطوبة اثناء فترة النضج لذا تستخدم عملية التلوين الصناعي لهذه الثمار وذلك لتسهيل عملية تسويقها .

إن الالوان المستخدمة في عملية التلوين الصناعي يجب أن تكون مجازة تجاريا بحيث ليس لها أي تاثير سلبي على الثمار أو المستهلك . ومن هذه الالوان الصبغة الحمراء رقم ٢ (Red NO.2) وتركيبها الكيمياوي (2,5-dimethoxy phenylago) ١- 2 Naphthal والتي تضاف الى قشور الثمار بتركيز ٢٠ جزء بالمليون وهذا التركيز هو المجاز صحيا . أما كيفية التلوين فتتم باذابة هذه الصبغة إما بالدهون أو الكحول ثم تحفف بالماء بعدها ترش على الثمار أو تغطس الثمار في أحواض محتوية على هذه الصبغة . كما يمكن اضافة هذه الصبغة مع الشمع المستعمل في تشميع الثمار لمعها من الذبول وتتم العملية بتلوين الشمع ثم طلاء الثمار به لانجاز عمليتي التشميع والتلوين معاً . وفي هذه الحالة يمكن أذابة الشمع بالمذيبات العضوية أو تسخينه كي يذوب وتخلط معه الصبغة لعمل مستحلب قابل للرش على الثمار أو تغطيس الثمار به

إن سمك طبقة الشمع أو كمية الصبغة يمكن التحكم بها عن طريق السيطرة على درجة حرارة المستحلب وتركيز الصبغة . وتختلف درجة الحرارة والفترة الزمنية اللازمة للتلوين باختلاف أنواع الثمار ففي ثمار البرتقال تكون درجة الحرارة المناسبة للتلوين ٢٠° (٤٩م) والفترة الزمنية القصوى هي ٤ دقائق (pantastico, 1975) أما ثمار اللالنكي فالحرارة المناسبة هي ٥٨° ف (٤٦م) والفترة الزمنية ٢.٥ دقيقة بعد إتمام عملية التلوين يرش الماء البارد على الثمار لازالة بقايا الصبغة العالقة بها .

العوامل المؤثرة على الانضاج الصناعي للثمار

أ- اختلاف مرحلة البلوغ عند الانضاج - ان معاملة الثمار في مرحلة البلوغ الكامل Fully mature بالايثرل يؤثر على تغير لون القشرة فقط كون هذه الثمار بامكانها الوصول الى مرحلة النضج عند تعرضها للحرارة والرطوبة دون الحاجة الى الايثرل لذا فان تأثير الايثرل سينحصر في تغير لون القشرة فقط أما عند معاملة الثمار في بداية مرحلة البلوغ Maturation فان الايثرل

يؤثر على التركيب الكيميائي للثمار إضافة الى تغير لون القشرة والسبب هو أن الثمار في هذه المرحلة لا تستجيب الانضاج الصناعي بالحرارة والرطوبة فقط وانما تحتاج الاثلين أو الايثرل لزيادة سرعة تحول النشا الى سكر أو زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة.

ب ـ اختلاف درجة الحرارة عند الانضاج الصناعي ـ ان المعاملة بالايثرل عند درجات الحرارة المرتفعة يسرع من عمليات النضج ويؤثر على التغيرات الكيميائية داخل الثمرة فيزيد من سرعة التنفس واستهلاك المواد الغذائية المخزونة . أما عند درجات الحرارة المنخفضة فان تأثير الايثرل على التغيرات الكيميائية داخل الثمرة يكون أقل.

جـ ـ اختلاف الأصناف والأنواع ـ تختلف الثمار في استجابتها للايثرل حسب الصنف والنوع كما أنها تختلف في استجابتها حسب التراكيز المستخدمة.

الانضاج الصناعي بعد الجني لبعض الانواع الثمار.

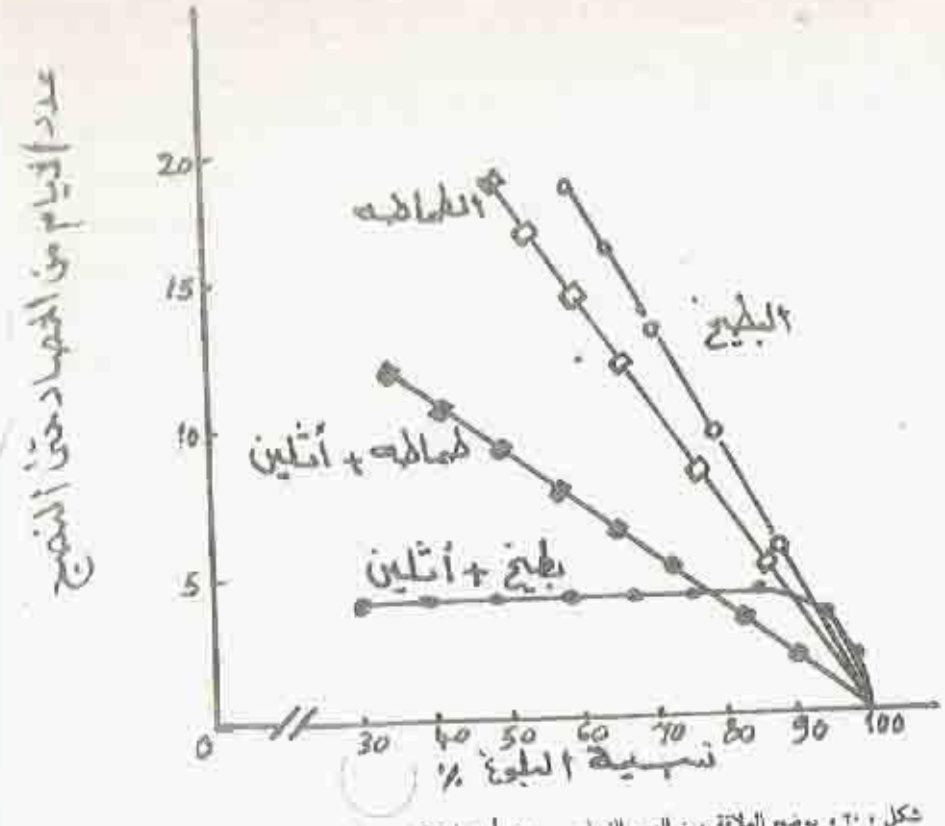
إنضاج ثمار الحمضيات :

لقد إختلف الباحثون في نتائجهم حول تأثير الانضاج الصناعي للحمضيات باستخدام مادة الايثرل أو الاثلين . فمنهم من يقول أن التأثير يتحصر في قشرة الثمار فقط حيث يتحلل الكلوروفيل ويزداد تراكم الكاروتين فتلون الثمار باللون المميز للصنف اضافة الى زيادة المواد المتطايرة من الثمار التي تعطي الرائحة.

أما الفريق الآخر فقد ذكر بان الايثرل يؤثر على التركيب الكيميائي للثمار وذلك بزيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة وتقليل الحموضة وزيادة فيتامين C اضافة الى تأثيره على تلون قشرتها (Iwahori,etal, 1977)

إنضاج ثمار الطماطة :ـ

تعتبر مادة الايثرل من أفضل المواد المستخدمة في إنضاج الطماطة ويتم ذلك بتغطيس الثمار في المحلول المائي لمادة الايثرل مع إستعمال مادة ناشرة مثل Tween لمدة ٢٠ ـ ٦٠ ثانية وتتراوح تراكيز الاثلين بين ١٠٠٠ ـ ٥٠٠٠ جزء بالمليون (AL-Ani-1984) ودرجة الحرارة المناسبة هي ٢٠ م . (شكل ٢٠)



شكل ٢٠ ، يوضح العلاقة بين العمر الفسلجي ومدى استجابة كل من ثمار البطيخ والطماطة المعمودة باعمار مختلفة للمعاملة بالاثلين

ان حصاد ثمار الطماطة قبل ان تصل الى ٥٠ ٪ من البلوغ يحتاج الى تركيز مرتفع من الاثلين للانضاج والى استمرار المعاملة لفترة طويلة وتستغرق المعاملة حوالي ١٠ أيام لحدوث النضج ويقل التركيز اللازم من الاثلين وطول مرة التعرض للاثلين او مدة المعاملة لحدوث النضج بتقدم الثمرة نحو البلوغ وعندما تصل نسبة البلوغ ٨٠ ٪ تنضج الثمار بعد يومين من المعاملة بالاثلين لذلك يمكن القول بان حساسية ثمار الطماطة للاثلين تزداد كلما زاد العمر الفسلجي او كلما تقدمت نحو البلوغ . اما في حالة البطيخ فيمكن التغلب على الفرق في العمر الفسلجي بالمعاملة بالاثلين بتراكيز عالية او اطالة مدة المعاملة لجعل مجموعة من الثمار مختلفة العمر الفسلجي تنضج في آن واحد .

ان الثمار المنضجة بهذه الطريقة تكون ذات لون أحمر زاهٍ وصلابة جيدة تجعلها تتحمل عمليات التداول كما يكون محتواها من فيتامين أعلى من الثمار الناضجة على النبات والتي تكون ذات لون أصفر شاحب أو مصابة بلفحة الشمس بسبب إرتفاع درجة الحرارة في بداية موسم الصيف . لان درجة الحرارة المرتفعة تمنع تكوين صبغة اللايكوبين .

وللحصول على ثمار منضجة بصورة جيدة وذات خواص تسويقية عالية لابد من اتمام مراحل بلوغ ثمار الطماطة والسبب في ذلك هو أن لكل مرحلة متطلباتها من الخزن .

١ ـ الثمار غير البالغة : ـ Immature

أ ـ يجب عدم إنضاج الثمار غير البالغة أثناء الشحن لان ذلك يتطلب فترة طويلة لذا قد تصل الى السوق قبل نضجها بل يتم إنضاجها في غرف الانضاج باستعمال الاثلين ودرجة حرارة مرتفعة (٧٠ ـ ٧٥ ف) ٢١,١ ـ ٢٣,٩ م .

ب ـ يمكن تحفيز الثمار على النضج بمعاملتها بالاثلين قبل شحنها بصورة مستمرة وبتركيز ١٠٠ جزء بالمليون ولمدة ٢٤ ـ ٤٨ ساعة .

جـ ـ يتم عزل الثمار المعاملة بالاثلين والتي لم يتغير لونها لاعادة معاملتها بالاثلين .

٢ ـ الثمار الخضر البالغة : ـ Mature green

تنضج الثمار عند هذه المرحلة برفع درجة الحرارة في غرفة الانضاج الى ٧٠ ـ ٧٥° ف ثم معاملتها بغاز الاثلين لمدة ١٢ ـ ٩٨ ساعة .

٣ ـ الثمار التي بدأت بالتحول الى اللون الاصفر : ـ Breaker

إن الثمار في هذه المرحلة لا تحتاج الى المعاملة بغاز الاثلين حيث أنها يمكن أن تنضج لمجرد رفع درجة حرارة المخزن الى الدرجة اللازمة للانضاج لان الثمار في هذه المرحلة تكون قادرة على إنتاج الاثلين اللازم للنضج ذاتياً (Kasmire at al, 1976)

٤ ـ الثمار المتحولة الى اللون الوردي : ـ Pink

هذا النوع من الثمار يمكن شحنة الى الاسواق البعيدة مباشرة دون الحاجة الى انضاج صناعي لان الثمار في هذه المرحلة بدأت بالنضج فلا حاجة لاستخدام الاثلين .

٥ ـ الثمار ذات اللون الاحمر الفاتح : ـ Light Red

تكون ثمار هذه المرحلة عرضة للرضوض أثناء عملية الشحن لذا يفضل عدم تعريضها الى الاهتزاز أو الصدمات .

٦ ـ ثمار حمر ناضجة : ـ Red Rip

وتكون الثمار في هذه المرحلة في تمام النضج حيث لا يمكن شحنها أو خزنها بل تستعمل للاستهلاك المباشر وفي الاسواق المحلية القريبة .

إنضاج ثمار الموز

إن ثمار الموز من الفاكهة المهمة تجاريا والتي تتم عملية إنضاجها مباشرة قبل الاستهلاك لان الثمار الناضجة لا تتحمل التداول أو الشحن .

إن الانضاج الصناعي لثمار الموز بعد قطفها موضوع في غاية الاهمية لان الثمار الناضجة على النبات لها عيوبها الكثيرة ومنها :

١ ـ زيادة طراوة الثمار عند نضجها على النبات وهذا يجعلها عرضة للاضرار الميكانيكية اثناء الشحن .

٢ ـ زيادة حساسية الثمار للاصابة بالامراض الفطرية عند النضج .

٣ ـ الثمار الناضجة على النبات تكون أقل حلاوة ونكهة من الثمار المنضجة صناعيا وسبب ذلك يعود الى طول مدة النضج على النبات وعدم توفر الظروف المناسبة للنضج في الحقل (ASHRAE.1978) لذلك يجب أن تقطف ثمار الموز في مرحلة البلوغ ولونها أخضر شديد الخصرة وذات قوام صلب وأن معظم الكاربوهيدرات فيها لازالت بصورة نشا . أما عملية الانضاج بواسطة الاثلين ودرجة الحرارة فتتم كما يلي : ـ

يثبت برنامج لانضاج الموز مكون من خمس غرف إنضاج. لكل غرفة درجة حرارة معينة ثابتة أما تركيز الاثلين المستخدم فهو ١٠٠٠ جزء بالمليون لكافة الغرف ومدة تعريض الثمار لهذا الغاز ٢٤ ساعة حيث يتم بعدها تهوية الغرف. ففي الغرفة الاولى تتدرج درجة الحرارة من ٦٤ ـ ٦٠° ف ١٧.٨ ـ ١٥.٦° م فتنضج الثمار بعد ٤ أيام حيث ترسل الى السوق. أما الغرفة الثانية فتتدرج فيها الحرارة من ٦٢ ـ ٦٠ من ٦٣ ـ ٦٠° ف ١٦.٧ ـ ١٥.٦° م فتنضج الثمار بعد خمسة أيام. الغرفة الثالثة تتدرج فيها الحرارة من ٦٢ ـ ٥٨° ف ١٦.٧ ـ ١٤.٤° م فتنضج الثمار بعد ستة أيام. والغرفة الرابعة تتدرج فيها الحرارة من ٦٠ ـ ٥٨° ف ١٥.٦° م ـ ١٤.٤° م وتنضج الثمار بعد ستة أيام أما الغرفة الخامسة فتثبت فيها درجة الحرارة على ٥٨ ف ١٤.٤° م طول مدة الانضاج فتنضج بعد سبعة أيام (جدول ٥).

في بعض الاحيان يكون الطلب على الموز شديداً ويكون عدد غرف الانضاج قليلاً لا يتناسب مع حاجة السوق لذا تتبع طريقة سريعة لانضاج الثمار وتتلخص برفع درجة حرارة هواء غرفة الانضاج الى ٧٠ ـ ٦٨° م (٢١ ـ ٢٠° ف) حيث تثبت هذه الدرجة لمدة ثلاثة أيام مع المعاملة بالاثلين بتركيز ١٠٠ جزء بالمليون ولمدة ٢٤ ساعة ثم تفتح الابواب لمدة ربع ساعة للتهوية وتجديد الهواء ويعاد غلق الابواب. من محاسن هذه الطريقة هو أنها تستهلك كمية قليلة من الاثلين تعادل عشر الكمية المستعملة في الطريقة السابقة. كما أنها لا تحتاج الى أيد فنية أو برنامج.

جدول « ٥ » يوضح الانضاج الصناعي للحوز باستعمال برنامج مكون من خمس غرف انضاج باستعمال الحرارة وغاز الاثلين تركيز ١٠٠٠ جزء بالمليون « العاني » ١٩٨٥ »

درجة الحرارة لب الثمار خلال أيام الانضاج

رقم الغرفة	عدد الأيام في غرفة الأنضاج	اليوم الأول	اليوم الثاني	اليوم الثالث	اليوم الرابع	اليوم الخامس	اليوم السادس	اليوم السابع	اليوم الثامن
١	أربعة ف	٦٤	٦٤	٦٢	٦٠	–	–	–	–
	ايام م	١٧,٨	١٧,٨	١٦,٧	١٥,٦	–	–		–
٢	خمسة ف	٦٢	٦٢	٦٢	٦٢	٦٠	–	–	–
	أيام م	١٦,٧	١٦,٧	١٦,٧	١٦,١	١٥,٦	–	–	–
٣	ستة ف	٦٢	٦٢	٦٠	٦٠	٦٠	٥٨	–	–
	ايام م	١٦,٧	١٦,٧	١٥,٦	١٥,٦	١٥,٦	١٤,٤	–	–
٤	سبعة ف	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٥٨	٥٨	–
	أيام م	١٥,٦	١٥,٦	١٥,٦	١٥,٦	١٥,٦	١٤,٤	١٤,٤	–
٥	ثمانية ف	٥٨	٥٨	٥٨	٥٨	٥٨	٥٨	٥٨	٥٨
	ايام م	١٤,٤	١٤,٤	١٤,٤	١٤,٤	١٤,٤	١٤,٤	١٤,٤	١٤,٤

الفصل السابع

معاملة الثمار بعد القطف

بعد اجراء عمليات الجني اليدوي او الميكانيكي تنقل الثمار المقطوفة الى بيوت التعبئة Packing houses وهي عبارة عن اماكن مخصصة لتعبئة الثمار واجراء بعض العمليات الضرورية قبل حزن المحصول وطرحه في الاسواق . وهذه البيوت تنشأ في البلدان المتقدمة بالقرب من الحقول او البساتين وتختلف في حجمها وكفاءتها الانتاجية ونوع الآلات المستعملة فيها . ان الغرض من هذه البيوت هو تسهيل عمليات تداول ونقل الثمار بالاضافة الى حمايتها من الحرارة المرتفعة التي تؤثر على المحصول وتسبب تلفه او فساده في حالة تعبئة وتركه في الحقل .

تنقل الثمار المقطوفة الى بيوت التعبئة بواسطة عبوات كبيرة الحجم نوعا ما تختلف في حجمها حسب نوع الثمار المقطوفة . هناك بعض الانواع من الثمار تعبأ حقلياً دون المرور ببيوت التعبئة وخاصة الثمار السريعة التلف مثل الشليك والتوت حيث تتم تعبئتها يدوياً داخل الحقل ثم ترسل الى الاسواق .

هناك عدة عمليات تجرى في بيوت التعبئة اهمها : ـ

١ ـ العمليات الاساسية وتشمل : ـ

أ ـ نقل او تفريغ الثمار من عبوات الحقل .

ب ـ اجراء عملية التبريد السريع للثمار (التبريد المبدئي Precooling) وخاصة للثمار السريعة التلف .

جـ ـ غسل وتنظيف الثمار من الاتربة والاوساخ العالقة بها ومن ثم ازالة الماء من الثمار عن طريق التجفيف .

د ـ اضافة بعض المطهرات للثمار للقضاء على الاحياء المرضية التي قد تنشط اثناء الخزن .

هـ ـ اجراء عملية الفرز وعزل الثمار المصابة .

و ـ تدريج الثمار على ضوء الشروط والمواصفات المطلوبة وحسب كل نوع من الثمار .

ز ـ تعبئة الثمار بصورة جيدة بعبوات مختلفة حسب نوع الثمار .

ح ـ نقل العبوات الى الاسواق والمخازن المبردة او مراكز التصنيع .

٢ ـ العمليات التكميلية وتشمل : ـ

أ ـ التشميع Waxing

ب ـ التلوين Colouradding

جـ ـ الانضاج الصناعي لبعض انواع الثمار مثل الكمثرى والموز والطماطة والحمضيات .

د ـ معاملة الثمار ببعض المواد الكيمياوية مثل معاملة العنب بغاز ثاني اوكسيد الكبريت .

هـ ـ العلاج التجفيفي لبعض المحاصيل كالبطاطا والبصل .

وفيما يلي شرح مختصر للعمليات السابقة الذكر اعلاه

تفريغ الثمار : ـ

تعتبر هذه العملية مهمة جداً لمعظم انواع الثمار وخاصة الطرية منها لان العناية بتفريغ الثمار يعني تقليل او منع حدوث الاضرار الميكانيكية التي تسبب تلف الثمار . وتتم عملية تفريغ الثمار اما على احزمة مطاطية متحركة او في احواض مبطنة بالمطاط او احواض مملوءة بالماء بواسطة الات تفريغ تعمل بصورة آلية . ان طريقة التفريغ في الاحواض المائية تعتبر جيدة خاصة مع العبوات الكبيرة حيث يتم تفريغ الثمار من هذه العبوات بامالتها تدريجيا باتجاه الحوض حتى تنتقل جميع الثمار من العبوة الى الحوض . كما يمكن تفريغ الثمار بطريقة اخرى وخاصة الثمار الكبيرة الحجم وتتم بغمر العبوة المحتوية على الثمار في حوض ماء كبير بصورة تدريجية فعند غمر العبوة باكملها تطفو الثمار تاركة العبوة وهذه الطريقة تلائم بعض انواع التفاح والكمثرى .

غسل الثمار :ـ تحمل الثمار بعض الاتربة وبقايا المبيدات ومواد التعفير لذا يجب تنظيفها ويتم ذلك باحدى الطريقتين التاليتين :ـ

أ ـ التنظيف الجاف :ـ تستخدم هذه الطريقة في تنظيف الثمار التي تتضرر بوجود الماء حيث يتم تنظيف او مسح الثمار وهي جافة بدون استعمال الماء ويتم ذلك بمسح الثمار يدويا بقطع من القماش الناعم كما في ثمار الكاكي او ميكانيكيا باستخدام اجهزة تحتوي على قطع من القماش حيث تمرر الثمار وتقلب فوق قطع القماش فتتعلق الاتربة بسطح القماش كما في تنظيف التمور . كما يمكن استخدام الهواء في التنظيف وذلك بامرار الثمار امام تيار من الهواء المضغوط فيزيل الاتربة من سطح الثمار كما في التمر . كذلك تستخدم لفرش الناعمة في تنظيف بعض انواع الثمار كما في الحمضيات .

ب ـ التنظيف بالماء :ـ وتتلخص العملية اما بغمر الثمار بالماء او رش الثمار برذاذ مائي قوي . ففي حالة الغمر توضع الثمار وخاصة الحاوية اتربة كثيرة في احواض مائية درجة حرارة الماء فيها تتراوح بين ١٠٠ ـ ١٢٠ ف كما يمكن اضافة بعض مواد لتعقيم الى ماء الحوض مثل الصابون او برمنكنات البوتاسيوم او هيبوكلورات الصوديوم أو ارثوفنيلات الصوديوم وبذلك تجري عمليتا التنظيف والتعقيم معاً . تغمر الثمار في لماء فترة قليلة ثم تدعك بفرش ناعمة وبوجود محاليل الغسيل مثل الصابون تتفكك المواد العالقة وتتحول الى محاليل غروية يسهل ازالتها بامرار الثمار تحت رذاذ مائي .

اما عملية الغسل بطريقة الرش فتتم بامرار الثمار امام رذاذ مائي قوي حاوي على بعض المنظفات الصناعية مثل الصابون حيث تزال الاتربة العالقة بفعل قوة الرذاذ

ان المواد المستخدمة في التعقيم يجب ان تكون مجازة صحيا وتمتاز بمايلي :ـ

١ ـ ان لاتسبب ضرراً للثمار عند المعاملة بها .
٢ ـ ان لاتكون ذات تأثير سام للانسان .
٣ ـ ان تكون عديمة الطعم والرائحة كي لاتؤثر على نكهة الثمار .
٤ ـ ان تكون رخيصة الثمن ومتوفرة .

تجفيف الثمار او ازالة الماء الزائد على سطح الثمار : ـ لابد من تجفيف الثمار بعد الانتهاء من عملية الغسل للتخلص من الماء الزائد المتبقي على سطح الثمار لان بقاءة يعني تعرض الثمار للاصابة بالاحياء المجهرية التي يزداد نشاطها بالرطوبة العالية . وتتم عملية التجفيف اما بامرار الثمار على قطع من القماش تقوم بامتصاص الرطوبة او باستخدام مجففات تقوم بتسليط الهواء الدافيء على الثمار فيؤدي الى تبخير الماء من سطحها .

الفرز : Sorting .

ان عملية الفرز تعني ازالة الثمار المصابة والمشوهة وغير المطابقة للمواصفات او الشروط التسويقية المطلوبة . وهذه العملية تجرى يوميا من قبل عمال متمرسين وذلك بامرار الثمار على حزام ناقل يقف على جانبيه مجموعة من العمال لاستبعاد الثمار الرديئة ورميها في منافذ خاصة . تعتبر عملية الفرز اليدوي اكثر دقة وكفاءة من الفرز الاوتوماتيكي الذي يتم بواسطة الات خاصة تعتمد على كمية الضوء المنعكس من سطح الثمار عند تعريضها الى ضوء قوي كما في فرز ثمار النقل Nuts .

التدريج : ـ Grading

تعني هذه العملية تقسيم الثمار الصالحة للاستهلاك الطازج الى درجات اعتمادا على حجم او وزن او لون الثمار . ان التجانس في حجم الثمار المعباه او المعروضة في الاسواق يعتبر من المتطلبات التسويقية الضرورية خاصة مع الثمار التي تباع على اساس الحجم وليس الوزن . وتتم عملية الفرز الحجمي بامرار الثمار على احزمة ناقلة تحتوي على فتحات او عيون مختلفة الاقطار حيث تسقط الثمار الصغيرة لحجم من الفتحات ثم المتوسطة الحجم ثم الكبيرة على احزمة ناقلة لتذهب الى محلات التعبئة .

التشميع : ـ Waxing

المقصود بالتشميع هو طلاء سطح الثمار بطبقة شمعية رقيقة يهدف الى سد الفتحات الطبيعية مثل الثغور والعديسات وندبة الساق (محل اتصال الثمرة بالنبات) لتقليل عملية النتح او تبخر الماء من المحصول كذلك يضيف الى سطح الثمار لمعانا يزيد من قيمتها النوعية ويزيد من استمال المستهلكين مما يساعد على بيعها باسعار مرتفعة اضافة الى اطالة مدة بقاء المحصول في السوق . ان اهم ثمار الخضر الصالحة للتشميع هي الفلفل والطماطة والخيار واللفت والبطاطا الحلوة . اما

ثمار الفاكهة التي يفيدها التشميع هي الحمضيات بأنواعها والتفاح Golden Delicious والكمثرى

ان اهم انواع الشمع المستعمل هو شمع الكرنوبا Carnauba wax وشمع العسل وشمع البرافين . يضاف الشمع باجهزة خاصة كمادة عالقة بالماء او كمادة ذائبة في بعض المذيبات العضوية . ان الحرارة المناسبة للتشميع هي ٣٨ م° (١٠٠ ف°) بعدها لابد من تجفيف الثمار المشمعة بهواء ساخن ثم تلميعها بفرش خاصة تحركها اجهزة ميكانيكية كي تعطي اللون اللماع للثمار .

تجرى عملية تشميع الثمار باحدى الطرق التالية :ـ

أ ـ التشميع بالغمر Dip Waxing :

وتتم بغمر الثمار في السائل الشمعي ثم اخراجها وتمريرها على حزام متحرك للتخلص من المستحلب الزائد . بعد ذلك تجفف الثمار وتلمع .

ب ـ التشميع بالرش Spray Waxing :

وتتم برش الثمار برذاذ شمعي يخرج من مكائن خاصة اثناء مرورها على حزام ناقل هزاز كي يغطي سطح الثمرة بأكمله بعدها تذهب الى فرش التلميع دون الحاجة الى التجفيف لكون الطبقة الشمعية على سطح الثمار تكون رقيقة جدا .

ج ـ الفرش الدائرية Rotary Bnush Waxing

وهي عبارة عن فرش تدور بسرعة منتظمة تحتوي على المستحلب الشمعي والذي يأتي من جهاز خاص . وتتبع هذه الطريقة مع الثمار المراد خزنها لفترة طويلة او تصديرها .

عند التشميع يجب الحذر من زيادة سمك طبقة الشمع لان ذلك سيؤدي الى عرقلة التبادل الغازي وزيادة تراكم ثاني اوكسيد الكاربون وغاز الاثلين داخل الثمار مما يؤدي الى حدوث اضرار فسلجية للثمار وتدهور قيمتها النوعية والغذائية . كما ان طبقة الشمع السميكة تمنع دخول الاوكسجين الى داخل الثمرة مما يسبب التخمر الكحولي في الثمار . (Haardand salankhe, 1975)

التلوين ColourAdding :

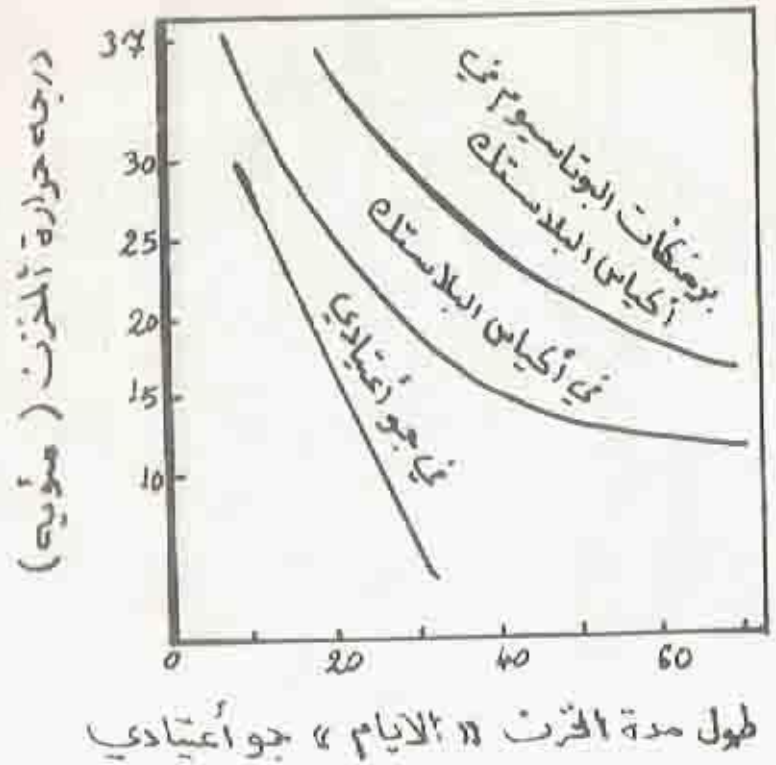
المقصود بهذه العملية هو اضافة بعض الالوان الى سطح الثمرة كما في الحمضيات والبطاطا الاعتيادية ويتم ذلك باستخدام بعض الصبغات المجازة او المسموح باستعمال بحيث لايكون لها اي تأثير سلبي على المستهلك او على الثمار نفسها

في الوقت الحاضر منع تلوين البطاطا الاعتيادية لان التلوين يعمل على تغطية اللون الطبيعي فلا يمكن تمييز الدرنات التي يظهر عليها الاخضرار علما ان الدرنات المصابة بالاخضرار نتيجة تعرضها للضوء يمنع بيعها او تداولها لاحتوائها على مادة السولانين Solanine السامة .

الانضاج الصناعي : تعتبر عملية الانضاج الصناعي ضرورية للعديد من الثمار التي لاتنضج على الاشجار بسهولة مثل ثمار الموز وبعض اصناف الكمثرى . ففي عملية الانضاج الصناعي تتلون الثمار باللون المميز للصنف والنوع ويختفي اللون الاخضر بسبب تحلل الكلوروفيل وظهور الصبغات الاخرى كالكاروتين . وتتم عملية الانضاج الصناعي باستخدام مادة الايثرل التي تعطي عند تحللها غاز الاثلين الذي يقوم بعملية الانضاج .

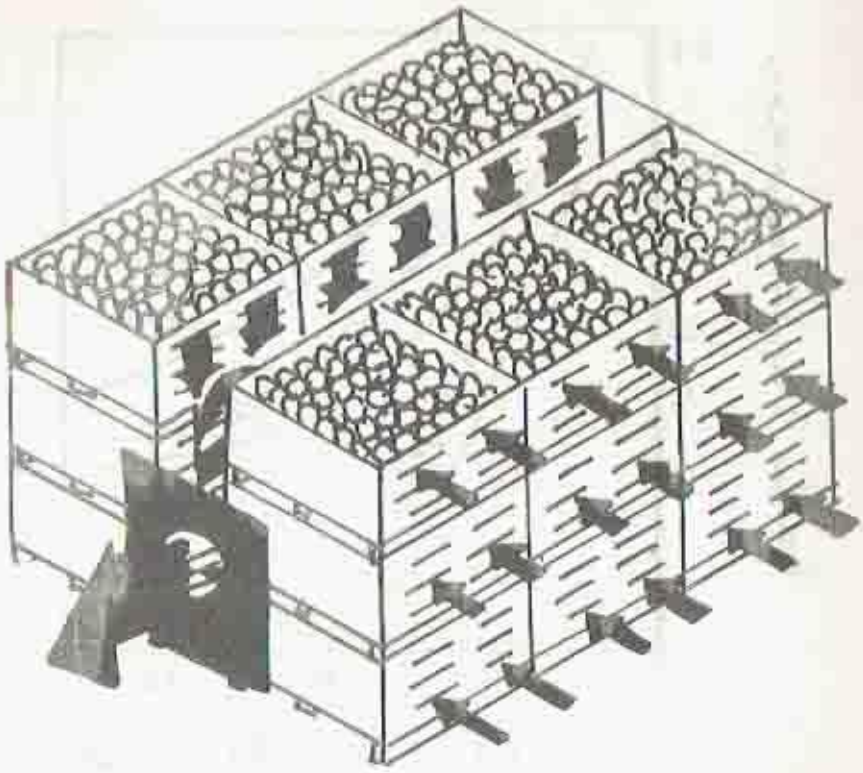
تعبئة محاصيل الفواكه والخضر

المقصود بعملية التعبئة هو وضع الثمار في اكياس او صناديق من الخشب او البلاستيك وهذه العملية تعتبر المرحلة الاخيرة في اعداد الثمار للاسواق او الخزن . ان نوع العبوات وطريقة التعبئة تؤدي دورا كبيرا في بقاء المحصول بحالة جيدة دون اي تلف فمثلا عند تعبئة محصول مافي صناديق كارتون وتكديس هذه الصناديق داخل المخزن دون ترك مسافات او فراغات بين اكداس الصناديق سيعيق حركة الهواء وانتقال الحرارة مما يسبب تراكم حرارة التنفس داخل الصناديق فيزيد من سرعة التلف (شكل ٢٢) . كما ان كفاءة التبريد السريع للثمار تعتمد بشكل مباشر على نوع العبوات وطريقة رصفها . فعندما يراد تبريد الثمار بطريقة غرف التبريد العادية يجب رصف العبوات مع ترك ممرات بين الصفوف بعدة اتجاهات لمرور تيار الهواء البارد الذي يزيل الحرارة من الثمار (شكل ٢٣) . كما ان تبطين العبوات او الصناديق باكياس البلاستيك او استعمال صناديق كارتون غير مثقبة يمنع تلامس الهواء البارد مع الثمار لذلك لايمكن تبريد الثمار بسرعة عند استعمال

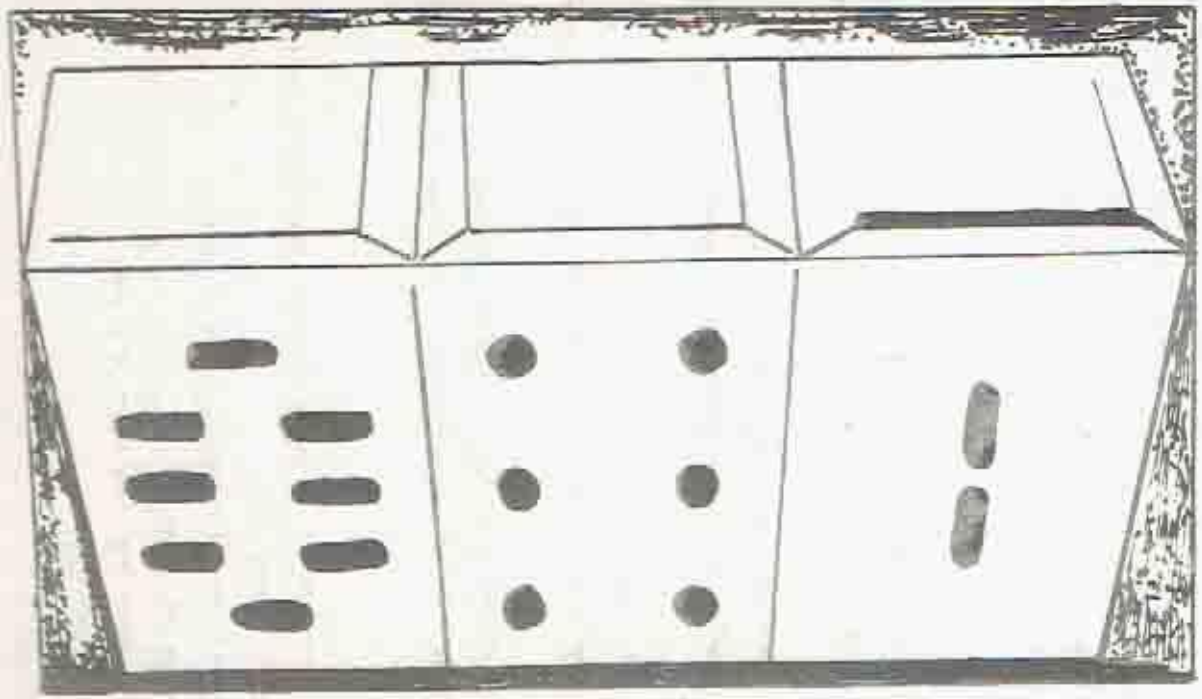


شكل ٢٢ ، يوضح أثر التعبئة على طول مدة الخزن خاصة عند استعمال بعض المركبات التي تمتص غاز الإثلين مثل برمنكنات البوتاسيوم (العاني ١٩٨٥) .

طريقة الهواء المدفوع جبراً وفي هذه الحالة يجب ان تكون العبوات محتوية على عدد كاف من الثقوب او الفتحات بحيث لاتقل مساحة الثقوب عن ٤ ٪ من مجموع المساحة الجانبية للصندوق او العبوة لضمان دخول كمية كافية من الهواء البارد (شكل ٢٤)



شكل (٣٣) يوضح كيفية وضع صناديق التعبئة داخل المخازن المبردة لضمان دخول وخروج الهواء داخل الصناديق أو بين الثمار اثناء اجراء عملية التبريد بالهواء المدفوع جبراً (العاني ١٩٨٥) ويتم ذلك باستعمال مراوح ذات قوة طرد مركزية عالية أو مفرغات هواء قوية لسحب الهواء من الفراغ الموجود بين مجموعتين من العبوات فيحدث تفاضل بالضغط مما يجبر الهواء على دخول العبوات والدوران حول الثمار . ان احداث اختلاف في ضغط الهواء على البضاعة من الضغط العالي الى الضغط القليل ماراً بين الثمار بسرعة فيؤدي الى مضاعفة سرعة التبريد حوالي ٥ مرات .



شكل (٢٦) يوضح أنواع الصناديق الكارتونية المثقبة لتخزن الثمار . حيث نلاحظ الاختلاف في عدد ومساحة الثقوب وهذا الاختلاف يعتمد على نوع المحصول المخزن (الفالي ١٩٨٥)

الشروط الواجب توفرها في العبوات : ـ سبق أن ذكرنا اهمية العبوات في الحفاظ على الحاصل ومنعه من التلف فهناك شروط يجب ان تتوفر في العبوة عند استعمالها ومن هذه الشروط هي :ـ

١ ـ أن تكون سهلة التداول والنقل .
٢ ـ أن تكون قوية بحيث يمكن وضع عبوات اخرى فوقها .
٣ ـ أن لاتعيق حركة الهواء داخلها .
٤ ـ أن تكون كفوءة في تقليل او منع فقدان الرطوبة من الثمار .
٥ ـ ان تكون متوفرة ورخيصة الثمن .

وفيما يلي تقسيم العبوات المستخدمة في مجال اعداد وتخزين الحاصلات البستانية :ـ

١ ـ **عبوات القطف :** ـ وهي عبارة عن عبوات بسيطة تستخدم في الحقل لجمع الثمار المقطوفة مباشرة مثل السلال والاكياس والاوعية البلاستيكية .

٢ ـ **عبوات الحقل :** ـ وهي العبوات التي تفرغ فيها الثمار من عبوات الجمع وذلك لنقلها الى بيوت التعبئة .

٣ ـ **عبوات الشحن :** وهي العبوات المخصصة لنقل المحصول الى الاسواق او الى المخازن وتمتاز بكونها متينة حيث يتوقف عليها تحمل المحصول للشحن .

٤ ـ **عبوات المستهلك** وعادة تكون هذه العبوات صغيرة الحجم وذات منظر حسن وجذاب لارضاء المستهلك . تعبأ الثمار في هذه العبوات اما مباشرة في بيوت التعبئة او تفرغ عبوات الشحن ثانية لتعبئة الثمار في هذه العبوات .

يمكن تقسيم عبوات الشحن الى :ـ

أ ـ **الاقفاص :** هذا النوع من العبوات يصنع من سعف النخيل وقد كان شائع الاستعمال سابقا ولكن اهمل في الوقت الحاضر كون الثمار المعباة في الاقفاص تكون عرضة للاضرار الميكانيكية والاصابة بانواع مختلفة من الفطريات نتيجة احتواء سعف النخيل على مواد عضوية تنمو عليها الفطريات عند ارتفاع الرطوبة فتنتقل الفطريات المسببة للمرض الى الثمار .

ب . الصناديق الخشبية : ـ وتعتبر من العبوات الجيدة نظرا لقوتها وتح
للشحن مما يوفر الحماية الكافية للثمار المعبأة . تختلف هذه الصناديق في حـ
وشكلها فمنها الصناديق الخشبية المدعمة بالسلك Wire-bound boxes والتي
من الخشب الرقيق

جـ . عبوات او صناديق الكارتون Fider board Containers : تمتاز
العبوات بكونها خفيفة الوزن وسهلة التداول ورخص ثمنها مقارنة بالصنا
الخشبية كما انها اكثر جاذبية اذا استخدمت الالوان في الكتابة على العبوة . ان
تحملها للرص خاصة عند وضع عدة عبوات احداها فوق الاخرى يعتبر العيب الو
في هذه العبوات ويمكن تلافي ذلك بوضع ٥ ـ ٧ عبوات فقط احداها فوق الاخ
لا اكثر .

د . الاكياس المشبكة : ـ وهي عبارة عن اكياس مصنوعة من خيوط البلاستي
المتينة ذات احجام مختلفة (٢٥ ـ ٥٠ كغم) وتستخدم في تعبئة معظم محاصي
الخضر وتمتاز بكونها خيصة الثمن وسهلة التهوية وذات مظهر جيد

هـ . الصناديق البلاستيكية : Plastic Containers يعتبر هذا النوع
العبوات افضل الانواع الانواع لكونها خفيفة الوزن ومتينة وذات تهوية جيدة الا
سعرها مرتفع . تصلح الصناديق البلاستيكية لتعبئة معظم ثمار الفاكهة مثل العن
والاجاص والمشمش وغيرها

عبوات المستهلك

ان هذا النوع من العبوات تم استخدامه في السنوات الاخيرة لما له من فوا
عديدة منها

١ ـ تسهيل عمليات التداول والبيع .
٢ ـ اطالة عمر الثمار المعبأة نتيجة تقليل فقدان الرطوبة وتحديد انتشار الامراض

٣ ـ تقليل نسبة التلف وخاصة الاضرار الميكانيكية نتيجة منع تداول الثمار بايدي
المستهلكين .

اما عيوب هذه العبوات فهي :-

١ـ ارتفاع سعر الوحدة الوزنية من الفاكهة او الخضر نتيجة اضافة ثمن العبوة نفسها .

٢ـ عدم اقبال المستهلك سهولة على هذه العبوات نظراً لتعوده على الاختيار بنفسه

٣ـ ضرورة بيع العبوات مع المحصول فيضطر المستهلك الى رميها لانها غير قابلة للاستعمال مرة اخرى .

انواع عبوات المستهلك

١ـ الاكياس البلاستيكية الصغيرة

٢ـ الاكياس الورقية الصغيرة .

٣ـ علب كارتونية صغيرة .

٤ـ علب بلاستيكية .

٥ـ صناديق كارتونية صغيرة .

اثر التعبئة البلاستيكية على محاصيل الفواكه والخضر

تستعمل العبوات البلاستيكية لتقليل فقدان الرطوبة من المحاصيل حيث يتم تعبئة الثمار في اكياس بلاستيكية او تبطن الصناديق التي توضع فيها المحاصيل باكياس كبيرة من البلاستيك الرقيق ويتم ربط فوهة الاكياس بعد ملء الصندوق بالمحصول . ولكن يجب ازالة حرارة الحقل من الثمار قبل تعبئتها بالعبوات البلاستيكية لان الاكياس تمنع اوتعرقل حركة الهواء داخل الكيس نفسه كما تمنع ملامسة الهواء البارد للثمار بصورة مباشرة مما يؤدي الى تأخير عملية التبريد . ويمكن تلافي هذه المشكلة بتثقيب الاكياس للسماح بالتبادل الغازي لمنع تجمع ثاني اوكسيد الكاربون او نقص الاوكسجين . او تجمع غاز الاثلين مما يسبب اضرارا فسلجية للثمار ثم تلفها .

ان تكاثف قطرات الماء على الجدران الداخلية للاكياس يساعد على انبات سبورات الاعفان المسببة للامراض كنمو وانتشار العفن البكتيري على الخضراوات الورقية . يؤدي خطر الرطوبة العالية والتكاثف عندما يكون الخزن في درجات حرارة معتدلة (٥ ـ ١٠ م) لان هذه الدرجة مناسبة لنمو وانتشار امراض مابعد القطف اما عند الخزن بدرجات الحرارة المنخفضة (صفر ـ ٤ م) فاضرار التكاثف تكون قليلة لان معظم الاحياء لاتنمو ضمن هذا المدى الحراري .

هناك نوع جديد من البلاستيك الرقيق تم اكتشافه حديثاً وهذا يكون غير قابل لنفاذ بخار الماء بينما يسمح بنفاذ الغازات الاخرى حسب ضغطها الجزيئي Partial pressures وخاصة غاز الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون والاثيلين وذلك لتقليل خطر تجمع ثاني وكسيد الكاربون والاثيلين وكذلك خطر نقص الاوكسجين داخل العبوات لذا امكن استعمالها دون الحاجة الى عمل ثقوب فيها

يمكن تحديد نوع البلاستيك وسمكه لكل نوع او صنف من اصناف الفاكهة والخضر على اساس سرعة تنفس الثمار وسرعة نفاذية الغاز من داخل الكيس البلاستيكي والى داخله واستنادا لذلك تم صنع ثلاثة انواع من البلاستيك من مادة الـ Polyvinyl Chloride والانواع الثلاثة هي :-

١- RMF-61 (سمكه ٠,٧ - ٠,٨ ملم)
٢- VF-71, VF-70 (سمكه ٠,٦ - ٠,٧ ملم)
٣- TMP-87 (سمكه ٠,٨ - ١ ملم)

وقد تم اختبار هذه الانواع لمعرفة مدى اثرها على القيمة النوعية لكل من ثمار الطماطة والموز وكانت نتائج الدراسة كما يلي :-

اولا : تأثير الانواع البلاستيكية الثلاثة على القيمة النوعية لثمار الموز :-

لقد خزنت عينات من ثمار الموز داخل الانواع الثلاثة من العبوات تحت درجة حرارة ١٥ م وكانت النتائج كالاتي :-

أ - تأثير النوع TMP :

١- ادى الى منع نضج الثمار المخزونة .
٢- ظهور بقع سود على سطح الثمار نتيجة ارتفاع تركيز ثاني اوكسيد الكاربون .
٣- حدوث التخمر الكحولي بسبب انخفاض تركيز الاوكسجين الى اقل من ٢ ٪ وارتفاع تركيز ثاني اوكسيد الكاربون الى ٣٠ ٪ .

ب ـ تأثير النوع RMF-61

١ ـ حدوث طعم ونكهة غير مقبولين في الثمار .
٢ ـ ارتفاع تركيز ثاني اوكسيد الكاربون الى ٧ ٪ .
٣ ـ حدوث بعض الاضرار الفسلجية ولكن اقل شدة من اضرار لنوع TMP .

ج ـ تأثير النوع VF-71

١ ـ ان هذا النوع جيد النفاذية للغازات لذا امكن خزن الثمار بحالة جيدة لمدة ٣٠ يوما بدون اي ضرر فسلجي
٢ ـ عند اخراج ثمار الموز من هذه العبوات الى غرفة الانضاج نضجت بصورة جيدة
٣ ـ ان الثمار المخزونة اصبحت ذات طعم ونكهة جيدين بعد ٣٠ يوما من الخزن بعكس الثمار غير المكيسة التي اصبحت ذات لون اسود وقوام مائي ورائحة غير مرغوب فيها بعد ٢٣ يوما من الخزن تحت نفس الظروف .

ثانيا : تأثير الانواع البلاستيكية الثلاثة على القيمة النوعية لثمار الطماطة : ـ

أ ـ تأثير النوع TPM ـ 87 :

١ ـ عدم تلون الثمار او نضجها اثناء الخزن .
٢ ـ اصبحت الثمار المخزونة شديدة الحساسية للاصابة بالامراض الفطرية .
٣ ـ اصبحت الثمار ذات قوام مائي ورائحة غير مرغوبة فيها بسبب حدوث التخمر اللاهوائي .

ب ـ تأثير النوع VF-70

١ ـ اصبحت الثمار ذات طعم غير مرغوب فيه وقليلة الصلابة .
٢ ـ ازدادت حساسية الثمار للاصابة بالامراض الفطرية ولكن بدرجة اقل من الثمار المخزونة في العبوات TMP-87 .

جـ ـ تأثير النوع RMF-61

١ ـ ان الثمار المخزونة احتفظت بصلابتها كما انها كانت ذات طعم ونكهة ممتازين

٢ ـ عدم اصابة الثمار بالامراض الفطرية اثناء الخزن والانضاج .

٣ ـ عدم حدوث اي فقدان في الوزن .

٤ ـ عدم حدوث التخمر اللاهوائي بسبب انخفاض تركيز الاوكسجين الى ٧ ٪ وارتفاع تركيز ثاني اوكسيد الكاربون الى ٣ ٪ وهذه النسبة لاتسمح بحدوث التنفس اللاهوائي .

اثر التعبئة اثناء الشحن : ـ

عند شحن المحاصيل في الشاحنات المبردة يجب الاهتمام بعاملين اساسيين هما : ـ

أ ـ يجب رصف المحصول او تعبئته بشكل يضمن حماية الثمار في الاضرار الميكانيكية مثل الرضوض والاحتكاكات التي قد تحدث بسبب كسر الصناديق او انهيار جوانبها عند ميلان الشاحنة عند المنعطفات .

ب ـ يجب تعبئة المحصول بصورة تسمح بخروج حرارة التنفس ويتم ذلك بترك فراغ بين صفوف الصناديق او العبوات لمرور الهواء البارد القادم من اجهزة التبريد وخروج الهواء الحار من حول الثمار .

تختلف طريقة رصف الصناديق او العبوات في الشاحنة باختلاف نوع المحصول وسرعة التنفس وطول مدة الشحن ونوع العبوات المستعملة فعند استخدام الصناديق الكبيرة يجب ان ترصف بحيث لا يكون ثقل الصناديق على منتصف الصناديق التي تقع اسفلها بل ان الثقل يجب ان يرتكز على الزوايا .

اما في حالة المحاصيل التي تعبأ في اكياس او توضع بدون عبوات داخل الشاحنة فيفضل تبطين ارضية الشاحنة بمادة او صفائح تتحمل الضغط وتمنع احتكاك المحصول بارضية الشاحنة لتجنب الرضوض وتعتبر صفائح او قطع البولي ستيرين افضل المواد المستعملة للتبطين وعلى عكس ذلك فانه تبطين ارضية الشاحنة بالقش او التبن او الحشائش يؤدي الى زيادة الرطوبة وتراكم الاوساخ في الشاحنة كما يمنع مرور الهواء البارد بين الثمار .

طرق تعبئة الثمار في الشاحنات المبردة

تختلف الطرق المتبعة لرصف الصناديق او العبوات داخل الشاحنات المبردة باختلاف نوع العبوات وحجم وسعة وشكل الصناديق المستعملة لشحن المحصول اضافة الى ذلك توجد عوامل اخرى تحدد طريقة رصف الصناديق منها ما يلي :-

١ - الابعاد الداخلية للشاحنة .

٢ - وزن المحصول المراد شحنه .

٣ - نوع وكفاءة اجهزة التبريد المستعملة .

٤ - مدى تجانس العبوات او الصناديق في الشاحنة .

وفيما يلي وصف لاهم طرق رصف العبوات في الشاحنات المبردة :-

١ - التعبئة بشكل يسمح بمرور تيار افقي من الهواء بين العبوات :

تمتاز هذه الطريقة بوجود قنوات افقية بين صفوف الصناديق تسمح بمرور الهواء طوليا باتجاه مقدمة الشاحنة في حالة الشاحنات المبردة او طوليا باتجاه مؤخرة الشاحنة في حالة الشاحنات المهواة فقط اي بدون تبريد . ان اسس هذه الطريقة من التعبئة تعتمد على اجبار الهواء للدخول بين العبوات عن طريق سد جميع الفتحات التي تسمح بمرور الهواء عموديا الى الاعلى بين الصناديق ويمكن انجاز ذلك برصف الطبقة العليا من الصناديق بشكل جيد دون ترك اي فراغات او فتحات بينها لاجبار الهواء على الحركة بين العبوات وازالة الحرارة من الثمار . ان هذه الطريقة تناسب العبوات المتجانسة في الشكل والحجم .

٢ - التعبئة بشكل يسمح بمرور تيار الهواء عموديا بين صفوف العبوات :

وتمتاز هذه الطريقة بان الهواء البارد يتحرك عموديا من الاعلى الى الاسفل بين صفوف العبوات وتتبع هذه الطريقة عندما تكون الحمولة مكونة من خليط من العبوات غير المتجانسة في الشكل والحجم . ان كفاءة عملية التبريد عند رصف العبوات بهذه الطريقة اقل من الطريقة الاولى وان حركة الهواء اقل حرية من الطريقة الاولى لذلك فان هذه الطريقة لا تناسب المحاصيل سريعة التلف لكنها تناسب المحاصيل قليلة او متوسطة التلف خصوصا التي تم تبريدها بصورة جيدة .

قبل الشحن . كما ان هذه الطريقة من التعبئة تناسب المحاصيل المعبأة في صناديق من الكارتون لان رصف صناديق الكارتون فوق بعضها بصورة متبادلة يعطيها متانة اضافية تقاوم الضغط الحاصل عن ثقل الصناديق التي فوقها .

من الضروري ترك فراغ بين سقف الشاحنة والصف الاخير من الصناديق في جميع انواع طرق التعبئة وذلك لضمان حركة الهواء بحرية فوق الحمولة . كما ان وجود الفراغ فوق الحمولة يمنع ملامسة الحرارة النافذة من سطح الشاحنة الى المحصول بصورة مباشرة .

ان ارضية الشاحنات الحديثة مصممة على شكل اخاديد عميقة كي تسمح بمرور الهواء اسفل الصناديق وسحب الحرارة من المحصول . لذا عند تحميل الشاحنة يجب التأكد من عدم سد هذه الاخاديد خصوصا عند تبطين الارضية . اما في حالة الشاحنات التي تكون ارضيتها بدون اخاديد فيفضل استعمال قواعد خشبية في ارضية الشاحنة لترك فراغ بين الصناديق والارضية .

الفصل الثامن

« تبريد الثمار بعد القطف »

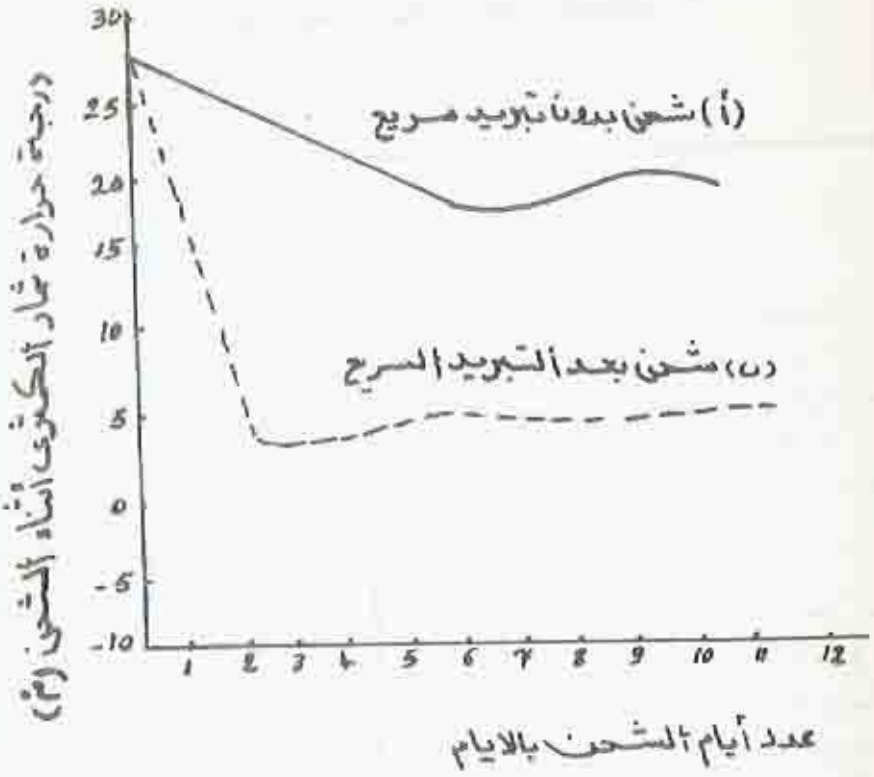
التبريد السريع بعد القطف : ـ Preecool ing

أن التبريد السريع هو الازالة السريعة لحرارة الحقل من الثمار وتبريدها الى الدرجة المناسبة للخزن أو الشحن . وهو ضروري لجميع أنواع الثمار حتى لو كانت هذه الانواع حساسة لاضرار البرودة حيث يتم تبريد الانواع الحساسة للبرد الى درجة الحرارة المناسبة مع تجنب خفض حرارة لب الثمار الى درجة الحرارة الضارة . إن أكثر أنواع الثمار احتياجاً للتبريد السريع هي السريعة التلف مثل الشليك والقرنابيط والخس .

إن التبريد السريع ضروري لاطالة مدة الخزن لان ارتفاع حرارة الثمار بعد القطف يؤدي الى زيادة سرعة التنفس وسرعة انتشار الاحياء المجهرية الاسراع في تدهورالثمار . حيث يعمل التبريد السريع في توقف أو تقليل عمليات النضج وإيقاف نمو الاحياء المجهرية وتقليل الفعاليات الحيوية مثل التنفس كما أنه يقلل من الفقد في وزن الثمار ومنع ذبولها لانه يقلل من الفرق في ضغط بخار الماء بين الثمار وهواء المخزن فتتوقف عملية التبخر من المحصول .

تعتبر محاصيل الفواكه والخضر من المحاصيل الموسمية لذلك نلاحظ تكدس المحصول في موسم جنيه مما يسبب ضغطا على بيوت التعبئة أو أماكن الفرز . أن بقاء المحصول بدرجة حرارة مرتفعة لمدة يوم أو يومين بانتظار الفرز والتعبئة دون تبريد يجعله عرضه لجميع أنواع التلف . لذا يجب تبريد المحصول بأسرع وقت

ممكن بعد جنيه وقبل اجراء عملية التعبئة أو الشحن . ويوضح شكل (٢٥) أهمية التبريد قبل الشحن إذ يبين المنحنى « أ » التغير في درجة حرارة ثمار الكمثرى عند شحنها بشاحنات مبردة بدون اجراء التبريد السريع قبل الشحن لذلك فان درجة حرارة الثمار بقيت مرتفعة طول فترة الشحن . أما المنحنى « ب » فيمثل درجة حرارة الثمار التي تم تبريدها تبريداً سريعاً قبل الشحن لذلك فان درجة حرارتها بقيت ثابتة طول فترة الشحن



شكل (٢٥) يوضح التغير الذي يحدث في درجة حرارة ثمار الكمثرى اثناء الشحن بعد اجراء التبريد السريع وقبل اجراءه . (المانى ١٩٨٥) اذ يبين المنحنى (أ) التغير في درجة حرارة ثمار الكمثرى عند شحنها بشاحنات مبردة بدون اجراء التبريد السريع قبل الشحن لذلك فان درجة حرارة الثمار بقيت مرتفعة طول فترة الشحن . اما المنحنى (ب) فيمثل درجة حرارة الثمار التي تم تبريدها تبريداً سريعاً قبل الشحن بشاحنات مبردة لذلك فان درجة حرارة الثمار بقيت ثابتة طول فترة الشحن وهنا تكون مهمة اجهزة التبريد في الشاحنة هي ازالة حرارة التنفس والمحافظة على الثمار بدرجة حرارة ثابتة اثناء الشحن .

العوامل التي تحدد كمية أو مقدار التبريد السريع بعد الجني

١ ـ درجة حرارة الثمار عند القطف : ـ كلما كانت درجة حرارة الثمار عند القطف عالية كانت كمية التبريد المطلوبة كبيرة لازالة هذه الحرارة .

٢ ـ درجة حساسية المحصول للتلف : ـ كلما كان المحصول سريع التلف وجب تبريده بأسرع وقت وتخفيض درجة حرارته الى أقل ما يمكن دون اصابته باضرار البرد .

٣ ـ نوع العبوات المستعملة أثناء الشحن : ـ يجب تبريد الثمار الى أقل ما يمكن قبل الشحن خاصة اذا كانت العبوات غير نظامية وكانت مكدسة دون ترك مسافات أو فراغات لان ذلك يعيق حركة وأنتقال الحرارة مما يسبب تراكم حرارة التنفس حول الثمار ويزيد من سرعة تلفها

٤ ـ طريقة وطول مدة الشحن : ـ تزداد كمية التبريد كلما طالت فترة الشحن وخاصة اذا كان الشحن بواسطة عربات السكك الحديد أو البواخر ويكون التبريد أقل عند الشحن بشاحنات مبردة ولمسافة قصيرة .

٥ ـ درجة النضج المطلوبة في الاسواق : ـ إن الثمار المعدة للاستهلاك المباشر لا تحتاج الى كمية تبريد عالية خاصة اذا كانت مقطوفة قبل مرحلة النضج . أما الثمار التي يراد خزنها لفترة طويلة فان كمية التبريد ستكون عالية .

٦ ـ الفرق بين الجني والشحن : ـ اذا كانت الفترة بين عملية الجني والشحن قصيرة فنحتاج الى كمية تبريد قليلة أما اذا كانت الفترة طويلة فيجب تبريد الثمار الى درجة حرارة منخفضة أي كمية تبريد عالية .

العوامل المحددة لسرعة التبريد بالماء والهواء

١ ـ الفرق بين درجة حرارة الثمار ودرجة التبريد اللازمة .
٢ ـ نسبة المساحة السطحية الى الحجم في الثمار .
٣ ـ الحرارة النوعية للثمار .
٤ ـ كفاءة وسيط التبريد في امتصاص الحرارة .
٥ ـ مدى تلامس وسيط التبريد مع الثمار .
٦ ـ حجم وسرعة حركة وسيط التبريد .

إن انتقال الحرارة من الثمار أثناء التبريد السريع الى الهواء أو الماء يتم بطريقة التوصيل حيث تنتقل الحرارة من وسط الثمار الى سطحها ثم تنتقل من سطح الثمار

الى هواء المخزن بواسطة تيارات الحمل . إن انتقال الحرارة من داخل المجوات الهوائية حول البذور كما في التفاح أو في قلب الثمرة كما في البطيخ يتم عن طريقة الحمل .

من الواضح أن الماء البارد أسرع من انتقالها الى الهواء (بنفس درجة الحرارة) بما يعادل ١٣ ضعف (ashrae, 1971)

طرق التبريد السريع

١ ـ غرف التبريد الاعتيادية : ـ Room Cooling

وهذه الغرف لا تختلف عن المخازن المبردة المخصصة للخزن الطويل لذا يمكن استعمال مخازن التبريد الاعتيادية لاغراض التبريد السريع وذلك بزيادة سرعة حركة الهواء داخل قاعة الخزن باستعمال مراوح اضافة قوية لها القدرة على زيادة سرعة حركة الهواء داخل المخزن الى ٢٠٠ ـ ٥٠٠ قدم / دقيقة .

(Mitchell, etal, 1972).

تعتبر غرف التبريد الاعتيادية طريقة سهلة التشغيل بسيطة التصميم وحاجتها للصيانة قليلة كما أنها ثنائية الغرض أي يمكن تبريد الثمار وخزنها في نفس الوقت . أما عيوبها فانها بطيئة ولا تناسب المحاصيل سريعة التلف مما يزيد من سرعة أنتشار الاحياء المجهرية وزيادة سرعة نضج الثمار فتفقد قابليتها على الخزن الطويل .

يمكن زيادة كفاءة هذه الطريقة وذلك بتغيير اتجاه حركة الهواء وجعله يتجه من السقف الى الاسفل بدلا من ضخ الهواء بصورة أفقية تحت سطح الغرفة . وفي هذه الطريقة يندفع الهواء في أنابيب مزودة بفتحات تضخ الهواء على أرضية المخزن حيث يتوزع الهواء البارد بين صفوف العبوات .

٢ ـ التبريد بالهواء المدفوع : ـ Forced Air Cooling

في هذه الطريقة يتم إجبار الهواء البارد على دخول العبوات والدوران حول الثمار وامتصاص الحرارة منها . بعد ذلك يسحب الهواء الحار من بين العبوات باتجاه أجهزة التبريد الميكانيكي كي يبرد ويعاد استعماله مرة اخرى إن عملية دفع الهواء

البارد تتم بواسطة مراوح ذات قوة طرد مركزية عالية كذلك فان سحب الهواء يتم بواسطة مفرغات هواء قوية تسحب الهواء من الفراغ الموجود بين العبوات فيحدث تحلخل بالضغط مما يجبر الهواء على دخول العبوات والدوران حول الثمار . إن أحداث أختلاف في الضغط يجبر الهواء على الحركة من الضغط العالي الى الضغط الواطيء مارا بين الثمار بسرعة فيؤدي الى مضاعفة سرعة التبريد حوالي عشر مرات .

إن التبريد بهذه الطريقة يسبب ذبول المحاصيل بسرعة لذا يجب أن يكون الهواء المستعمل للتبريد رطباً . كما أن نوع العبوات وطريقة التعبئة يجب أن تكون مناسبة فالعبوات يجب أن تكون مثقبة بحيث لا تقل مساحة الثقوب عن ٤ ٪ من مجموع المساحة الجانبية للعبوة لضمان دخول كمية كافية من الهواء البارد . كما أن العبوات يجب أن تكون منتظمة وغير مبعثرة لكي تسمح بمرور تيار الهواء .

٣ ـ التبريد بالماء : ـ Hydrocooling

في هذه الطريقة تزال حرارة الحقل من المحصول أما بغمر الثمار في أحواض من الماء البارد أو رش الماء البارد فوق الثمار حيث يعمل الماء البارد على امتصاص الحرارة من الثمار فترتفع حرارته لذلك يجب تبريده باستمرار . لكن المشكلة هنا هي تلوث الماء بالاتربة وبقايا الثمار المصابة لذا يفضل تنقيته وتعقيمه من الاحياء المجهرية باستمرار .

من فوائد هذه الطريقة استعمالها للغسل والتبريد في آن واحد كما يمكن أضافة بعض المبيدات الفطرية والبكتيرية أو المطهرات مثل الكلور الى ماء التبريد لتقليل التلف .

إن التبريد بالماء أسرع من التبريد بالهواء المدفوع جبراً بما يقارب ٣ ـ ٤ مرات ولكنها لا تناسب جميع المحاصيل لان التبريد بالماء يسبب تلف بعض المحاصيل مثل الشليك .

٤ ـ التبريد بالتفريغ : ـ Vacuum Cooling

تعتمد هذه الطريقة على تخلخل الضغط وتتم بوضع المحاصيل في غرفة خاصة محكمة الجدران لمنع تسرب الغازات والابخرة بعدها يسحب الهواء من الغرفة بواسطة مضخات تفريغ قوية مما يؤدي الى تخلخل الضغط .

إن التفريغ أو تخفيض الضغط يجعل الماء يتبخر قبل درجة غليانه لذلك يمكن التحكم بدرجة الحرارة عن طريقة التحكم بمقدار الضغط فمثلا عند تخفيض الضغط من ٧٦٠ ملم زئبق الى ٢٣.٦ ملم زئبق فان الماء يغلي أو يتحول الى بخار بدرجة ٢٥° م . أما عند تخفيض الضغط الى ٤.٦ ملم زئبق فان الماء يغلي بدرجة الصفر المئوي .

لقد وجد أن الپاوند الواحد من الماء يمتص ١٠٧٣ وحدة حرارة بريطانية (Btu) عندما يتحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية بدرجة صفر مئوي . وتعرف وحدة الحرارة البريطانية بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة پاوند واحد من الماء درجة فهرنهايتية واحدة عندما يكون الماء في كثافته الصغرى . إن تبخر الماء الموجود في الثمار بسبب اختلاف الضغط يؤدي الى ذبول المحاصيل بسرعة حيث يقدر الفقد بـ ٢.١ لكل ١٠ درجات فهرنهايتية تنخفض من حرارة المحصول . ولتجنب ذلك يمكن رش المحصول بالماء قبل تخفيض الضغط .

(Ashrae, 1998)

تعتبر طريقة التبريد بالتفريغ من اسرع طرق التبريد حيث تستغرق من ١٠ ـ ٣٠ دقيقة لاتمام عملية التبريد وهذه الطريقة ملائمة جداً لتبريد الخضر الورقية مثل الخس واللهانة التي تلتف أوراقها فتحجز جيوباً من الهواء الحار يصعب ازالته بالطرق الاخرى يضاف الى ذلك أن تبريد هذه المحاصيل بالماء يزيد الرطوبة بين الاوراق فتصبح عرضه للاصابة بالامراض مثل العفن الطري البكتيري .

٥ ـ التبريد بالثلج : ـ Ice cooling

إن اساس هذه الطريقة هو أن الثلج يمتص الحرارة من الثمار أثناء ذوبانه . أن كل غرام واحد من الثلج العادي يمتص ٨٠ سعرة حرارية عندما يتحول الى ماء بدرجة صفر مئوي . وتتم نثر الثلج على الثمار أثناء الشحن ولزيادة سرعة التبريد يمكن طحن أو جرش الثلج ونثره فوق المحصول لكن المشكلة هي عدم ملامسة الثلج لجميع المحصول فيحدث تباين في درجات الحرارة يضاف الى ذلك أن هذه الطريقة بطيئة وتحدث أضراراً للثمار . لذا أستعيض عن الثلج العادي بالثلج الجاف وثاني أوكسيد الكاربون السائل أو النتروجين السائل وفي هذه الحالة لا ينثر الثلج الجاف فوق المحصول لانه يسبب أنجماده بصورة مفاجئة فيصاب باضرار الانجماد بل ينثر

الثلج الجاف على أرضية الغرفة ليمتص الحرارة من الهواء. إن كمية الثلج الواجب استخدامها للتبريد يمكن معرفتها من العلاقة التالية :-

١- إن باوند واحد من الثلج العادي يكفي لتخفيض حرارة ١٠٠ باوند من الثمار ٤٠° ف (٤.٤° م).
٢- إن باوند واحد من النتروجين السائل أو ثاني أوكسيد الكاربون السائل يعادل في تبريده ١.٣ باوند من الثلج العادي.
٣- إن باوند واحد من الثلج الجاف يعادل في تبريده ٢.٨ باوند من الثلج العادي.

لنأخذ المثال التالي :-

إذا كانت حرارة طن واحد من المحصول ٨٠° ف ٢٦.٧° م وقت الجني وأردنا تخفيضها الى ٤٠° ف ٤.٤° م تحتاج الى ٥٠٠ باوند من الثلج العادي لانجاز عملية التبريد. بينما نحتاج الى ٤٧.٧ باوند من الغاز السائل لانجاز عملية التبريد. ونحتاج الى ٢٧.٨ باوند من الثلج الجاف.

مزايا أو فوائد الثلج الجاف :-

١- أخف وزناً من الثلج العادي.
٢- الثلج الجاف أسرع من الثلج العادي في التبريد.
٣- تحتاج الى كمية قليلة من الثلج الجاف مقارنة بالثلج العادي.
٤- إن ذوبان الثلج العادي يسبب بعض المشاكل وهي بقاء الماء حول الثمار بينما يتسامى الثلج الجاف أي يتحول الى غاز دون المرور بالحالة السائلة.
٥- إن تحول الثلج الجاف الى غاز ثاني أوكسيد الكاربون يعمل في زيادة تركيز هذا الغاز حول الثمار مما يقلل من سرعة عملية التنفس واستهلاك المواد الغذائية.

وقت التبريد النصفي :- Half Cooling Time

وهو الوقت اللازم لتخفيض الفرق في درجة حرارة المحصول ووسيط التبريد الى النصف. الغرض منه معرفة كفاءة طرق التبريد المستعملة وتحديد أفضل هذه الطرق باستثناء طريقة التبريد بالتفريغ حيث لا يمكن تطبيقه عليها لانها طريقة سريعة جداً وأن انتقال الحرارة لا يتم بواسطة وسيط التبريد وإنما يتم نتيجة تبخر الماء من الثمار.

كيفية حساب وقت التبريد النصفي

لتوضيح ذلك نأخذ المثال التالي :ـ

اذا كانت وقت التبريد النصفي لمحصول التفاح عند تبريده بالماء البارد هو ساعة واحدة . وعند تبريده بالهواء المدفوع جبراً هو أربع ساعات . فما درجة حرارة الثمار بعد مرور أربع ساعات في كل من الطريقتين اذا علمت أن حرارة الحقل هي ٣٥° م وحرارة الماء البارد والهواء البارد ٥° م ؟

الحل :ـ

٣٥ − ٥ = ٣٠° م مقدار الفرق في درجة الحرارة بين وسيط التبريد والثمار .

٣٠ ÷ ٢ = ١٥° م نصف الفرق في درجة الحرارة بين وسيط التبريد والثمار .

١٥ + ٥ = ٢٠° م حرارة ثمار التفاح بعد مرور ساعة واحدة في الماء البارد وبعد مرور أربع ساعات في الهواء المدفوع جبراً .

٢٠ − ٥ = ١٥° م نصف الفرق بين حرارة الثمار والماء البارد .

٧,٥ + ٥ = ١٢,٥° م حرارة الثمار بعد مرور ساعتين في الماء البارد .

١٢,٥ − ٥ = ٧,٥° م الفرق بين حرارة الماء وحرارة الثمار في دورة التبريد الثالثة

٧,٥ ÷ ٢ = ٣,٧٥° م نصف الفرق بين درجة حرارة الثمار والماء البارد .

٣,٧٥ + ٥ = ٨,٧٥° م درجة حرارة الثمار بعد مرور ثلاث ساعات في الماء البارد .

٣,٧٥ ÷ ٢ = ١,٨٨ نصف الفرق بين حرارة الثمار والماء البارد في فترة التبريد النصفي الرابعة .

١,٨٨ + ٥ = ٦,٨٨ درجة حرارة الثمار في الماء البارد الذي حرارته ٥° م بعد مرور أربع ساعات .

عند مقارنة طرق التبريد المبدئي بعضها ببعض باستعمال وقت التبريد النصفي كمقياس لمعرفة أيها أفضل . يوضح الشكل (٣٦) تأثير طرق التبريد الثلاثة من حيث كفاءتها في خفض درجة حرارة المحصول ويظهر من الشكل أن وقت التبريد النصفي عند التبريد المائي هو ½ ساعة وعند تبريد نفس الثمار بالهواء المدفوع جبراً فان وقت التبريد النصفي يكون ساعة واحدة في حين أن استعمال غرف التبريد الثابتة يطيل وقت التبريد النصفي ويكون « ٨ » ساعات . وهذا يدل على أن كفاءة التبريد المائي هي أربعة أضعاف التبريد بالهواء جبراً و « ٣٢ » ضعف في حالة التبريد بالغرف العادية (جدول ٧) .

جدول (٧) يبين وقت التبريد النصفي لانواع مختلفة من الثمار باستعمال طرق تعبئة وطرق تبريد سريع مختلفة . (العاني ١٩٨٥) .

طريقة التبريد السريع	المحصول ونوع العبوات المستعملة	وقت التبريد النصفي
التبريد بالماء البارد	الطماطة في صناديق كبيرة	١١ دقيقة
التبريد بالماء البارد	الذرة الحلوة في صناديق مشبكة من قضبان الحديد	٢٨ دقيقة
التبريد بالماء البارد	الذرة الحلوة بدون تعبئة	٢٠ دقيقة
التبريد بالماء البارد	البزاليا الخضراء مع القرون في صناديق كبيرة مفتوحة	٦ دقيقة
التبريد بالماء البارد	القرنابيط بدون تعبئة	١٣ دقيقة
التبريد بالماء البارد	الجزر في اكياس سعة ٢٥ كغم	١٣ دقيقة
التبريد بالماء البارد	الجزر بدون تعبئة	٥ دقيقة
التبريد بالماء البارد	اللهانة في صناديق مفتوحة	٨١ دقيقة
التبريد بالماء البارد	اللهانة في اكوام كبيرة	٦٩ دقيقة
التبريد بالماء البارد	الهليون بدون تعبئة	١ دقيقة
التبريد بالماء البارد	الهليون في صناديق صغيرة مفتوحة	٢ دقيقة
غرف تبريد اعتيادية Room Cooling	البطاطة في صناديق مثقبة من جوانبها ويقل وقت التبريد بزيادة مساحة الثقوب كالاتي :	
	٢,١ ٪ من المساحة الجانبية للصناديق	١٤,٨ ساعة
استعمال غرف تبريد اعتيادية	التفاح والكمثرى في صناديق منفردة	١ ـ ٣٠ ساعة
استعمال غرف تبريد اعتيادية	التفاح والكمثرى في صناديق مربوطة على شكل مجاميع	١٠ ـ ١٠٠ ساعة
استعمال غرف تبريد اعتيادية	التفاح والكمثرى في صناديق حقلية كبيرة سعة نصف طن	٢٠ ـ ٣٠ ساعة

تابع جدول (٧) :

طريقة التبريد السريع	المحصول ونوع العبوات المستعملة	وقت التبريد النصفي
التبريد بالهواء المدفوع جبرا	الكمثرى في صناديق كارتون مثقبة	٧ ـ ١٥ ساعة
التبريد بالهواء المدفوع جبرا	الكرز . صواني	١ ساعة
التبريد بثيار من الهواء السريع	مختلف المحاصيل معبئة في صواني غير عميقة	٣ ـ ٦ ساعات
التبريد بالتفريغ	الخس في صناديق مثقبة او مفتوحة	٣ ـ ٤ دقيقة
التبريد بالتفريغ	الكرفس في صناديق مثقبة او مفتوحة	١٢ دقيقة
التبريد بالتفريغ	الفطر في صناديق مثقبة او مفتوحة	٦ ـ ٨ دقيقة
التبريد بالماء البارد	الخوخ مغمور في احواض الماء	١٤ ـ ١٥ دقيقة
التبريد بالماء البارد	الخوخ يبرد برش الماء على الثمار	٦ ـ ٧ دقيقة
التبريد بالماء البارد	البطيخ معدل قطر الثمار ١٣ سم مغمور في احواض ماء .	٢٠ دقيقة
Room Cooling	٥٠٢ ٪ من المساحة الجانبية للصناديق	١١,٨ ساعة
تبريد مائي	٢٤ ٪ من المساحة الجانبية للصناديق	٨,٦ ساعة
تبريد مائي	بطاطة سمة الصندوق ٢٠ كغم ذات فتحات تهوية	١١ دقيقة
تبريد مائي	كمثرى في صناديق خشبية مثقبة من الاعلى والجوانب	١١ دقيقة
Hydro cooling	اجاص في صناديق خشب بها فتحات جانبية طويلة ومفتوحة من الأعلى	١١ دقيقة
تبريد بالهواء المدفوع جبراً Forced Air cooling	اجاص في صناديق خشب مفتوحة من	

طريقة التبريد السريع المستعملة	المحصول ونوع العبوات المستعملة	وقت التبريد النصفي
غرفة تبريد اعتيادية Room cooling	الاعلى وبها فتحات جانبية طويلة	٨ ساعة
	الكمثرى في صناديق خشب بها فتحات من الأعلى ومن الجوانب	١٢ ساعة
	الكمثرى في صناديق خشب بها فتحات من الأعلى ومن الجانب والثمار ملفوفة بالورق	١٦ ساعة
	الاجاص في صناديق خشب مفتوحة من الأعلى وبها فتحات جانبية طويلة	١١ ساعة

عند دراسة جدول (٧) يتضح لنا الاختلاف الكبير في مدى كفاءة طرق التبريد اعتماداً على وقت التبريد النصفي حيث يستغرق ٤٠ ـ ١٠٠ ساعة كما يكون الحال عند تبريد ثمار الكمثرى والتفاح تبريداً اعتيادياً في حين تصل الثمار الى وقت التبريد النصفي بعد ٧ ـ ١٥ ساعة بطريقة التبريد بالهواء المدفوع جبراً و ١١ دقيقة في حالة التبريد المائي مما يميز كفاءة التبريد المائي على باقي طرق التبريد كما ان نوع العبوات وحجم الثقوب او الفتحات الموجودة في العبوة يؤدي دوراً كبيراً في تبريد الثمار فكلما زادت مساحة الثقوب قل وقت التبريد النصفي .

هناك عوامل عديدة تحدد اختيار طريقة التبريد المثلى اضافة الى كفاءة طريقة التبريد مثل سرعة تلف المحصول ، ظروف التعبئة والتسويق ، مدى تقبل المحصول لطريقة التبريد المستعملة جدول (٨) حيث نجد أن طريقة التفريغ Vacuum Cooling تناسب المحاصيل التي تمتاز بكبر نسبة المساحة السطحية الى الوزن مثل الخس ، اللهانة ، القرنابيط ولا تناسب المحاصيل التي تكون ثمارها كبيرة الحجم لان سمك لحم الثمار ومساحتها السطحية القليلة تقلل من سرعة التبخر فتقل سرعة التبريد ، من عيوب هذه الطريقة الفقد في وزن الثمار والذي

يقدر بـ ٧٠ لكل (- ١٣,٣° م) ١٠ درجة فهرنهايتية يتم خفضها من حرار المحصول كما ذكرنا سابقا ولتلافي هذه المشكلة يرش الماء فوق المحصول المرا تبريده حيث يتبخر الماء الحر الموجود على سطح المحصول بدلاً من الماء الموجو في داخله وتدعى هذه الطريقة HYdro-Vac-cooling .

أما طريقة التبريد المائي فتعتبر طريقة سريعة وتزداد سرعة التبريد كلما كان حجم الثمار صغيراً وتناسب الثمار التي لا تتضرر بالرطوبة العالية مثل الطماطة في حين لا تناسب ثمار البطاطا لانها تتضرر بسبب دخول الماء الى داخل الثمار من خلال العديسات نتيجة ثقل عمود الماء .

مثال (٢)

اذا علمت ان وقت التبريد النصفي لمحصول البرتقال هو ساعتان اذا اريد تبريده بواسطة ماء بارد درجة حرارته ٤° م وان حرارة ثمار البرتقال وقت الجني ٢٤° م فما حرارة ثمار البرتقال بعد مرور ساعتين في الماء البارد اعلاه .

الحل

ان وقت التبريد النصفي يعني الوقت اللازم لخفض الفرق في درجة الحرارة بين ثمار البرتقال والماء البارد الى النصف .

٢٤ + ٤ = ٢٠° م مقدار الفرق بين حرارة البرتقال والماء البارد

$\frac{٢٠}{٢}$ = ١٠° م نصف الفرق في درجة الحرارة بين البرتقال والماء

١٠ + ٤ = ١٤° م درجة حرارة ثمار البرتقال بعد مرور ساعتين في ماء بارد درجة حرارته ٤° م .

مثال (٣)

في المثال رقم (٢) اذا استعملنا ماء بارداً درجة حرارته صفر° م فما هي حرارة ثمار البرتقال بعد مرور ساعتين ؟

٢٤ - صفر = ٢٤° م مقدار الفرق في درجة الحرارة

$\frac{١٤}{٢}$ = ١٢° م نصف الفرق في درجة الحرارة بين البرتقال والماء البارد

١٢ + صفر = ١٢° م حرارة ثمار البرتقال بعد مرور ساعتين في ماء بارد ودرجة حرارته صفر° م .

مثال (٤)

اذا كان وقت التبريد النصفي لثمار الكمثرى هو ساعة واحدة اذا اريد تبريده بالماء البارد . فما درجة حرارة ثمار الكمثرى بعد مرور ساعة واحدة في ماء بارد درجة حرارته صفر° م ؟ علماً ان حرارة ثمار الكمثرى هي ٣٠° م وقت القطف .

الحل

٣٠ – صفر = ٣٠° م مقدار الفرق في درجة الحرارة بين الماء البارد وثمار الكمثرى .

$\frac{٣٠}{٢}$ = ١٥° م مقدار نصف الفرق في درجة الحرارة .

١٥ + صفر = ١٥° م حرارة ثمار الكمثرى بعد مرور ساعة واحدة في ماء بارد درجة حرارته صفر° م .

مثال (٥)

اذا كان وقت التبريد النصفي لمحصول البطاطا هو ثلاث ساعات اذا اريد تبريده بواسطة الهواء البارد المدفوع جبراً . فما هي درجة حرارة درنات البطاطا بعد مرور ٦ ساعات في تيار من الهواء البارد المدفوع جبراً والذي درجة حرارته صفر° م . علما ان حرارة الدرنات وقت القطف هي ٤٠ م .

الحل

٤٠ – صفر = ٤٠° م مقدار الفرق في درجة الحرارة بين البطاطا والهواء البارد

$\frac{٤٠}{٢}$ = ٢٠° م مقدار نصف الفرق في درجة الحرارة .

٢٠ + صفر = ٢٠° م حرارة درنات البطاطا بعد مرور ٣ ساعات في تيار من الهواء البارد المدفوع جبراً .

٢٠ – صفر = ٢٠° م مقدار الفرق في درجة الحرارة في بداية دورة التبريد الثانية

$\frac{٢٠}{٢}$ = ١٠° م مقدار نصف الفرق في درجة الحرارة .

١٠ + صفر = ١٠° م حرارة درنات البطاطا بعد مرور ٦ ساعات في تيار من الهواء البارد المدفوع جبراً .

ان وقت التبريد النصفي في حالة التبريد بالماء البارد هو حوالي ربع ساعة . اما عند تبريد نفس الثمار بالهواء المدفوع فان وقت التبريد النصفي يصبح ساعة

وفي حالة التبريد بغرف التبريد الاعتيادية يصبح وقت التبريد ثمان ساعات من ذلك نستدل ان كفاءة التبريد بالماء البارد هي اربعة اضعاف كفاءة التبريد بالهواء المدفوع جبراً . وان كفاءة التبريد بالماء هي اكثر من كفاءة التبريد باستعمال غرف تبريد اعتيادية بحوالي ٣٢ ضعف (ربع ساعة مقابل ٨ ساعة)

تبريد الثمار اثناء الشحن

ان الهدف الرئيسي من التبريد اثناء الشحن هو تقليل الفعاليات الحيوية للثمار كي تبقى بحالة طازجة عند وصولها الى السوق ولاطالة فترة الخزن عندما يراد تخزينها . تتم عملية الشحن اما بشاحنات النقل البري المبردة او البواخر المبردة وعربات السكك الحديد المبردة وفي البلدان النامية يفضل استعمال الشاحنات المبردة الصغيرة او المتوسطة الحجم لعدم وجود الطرق الجيدة التي تتحمل شاحنات ذات وزن ثقيل .

اما في حالة الشحن بالطائرات فلا حاجة لاستعمال طائرات مبردة لان تبريد الثمار قبل الشحن يعد كافيا لبقاء درجة حرارة الثمار منخفضة اثناء الشحن كما ان سرعة وصول المحصول الى السوق ينفي الحاجة الى وجود اجهزة تبريد حيث يمكن الاكتفاء باستعمال مراوح لتقليب او تحريك الهواء لضمان تجانس درجة الحرارة اثناء الشحن . من عيوب الشحن بالطائرات هي :-

١ - ارتفاع اجور الشحن الجوي .
٢ - تتعرض الحاصلات الى اضرار فسلجية بسبب التغير المفاجيء في الضغط الجوي ودرجة الحرارة ونسبة الغازات .
٣ - انخفاض نسبة الرطوبة في الهواء لان الرطوبة النسبية تقل بزيادة الارتفاع .

جدول (٨) يبين انسب طرق التبريد المبدئي لبعض المحاصيل الفاكهة والخضر. (العاني ١٩٨٥) .

النوع	التفضيل الأول	التفضيل الثاني
القرع الصيفي . البزاليا الخضراء . الفجل الجزر . البطيخ . البنجر . الاسبركس	التبريد المائي Hydro cooling	التبريد بالثلج Ice cooling
الخس . اللهانة . القرنابيط . كرنب بروكسل السبانخ . الكرفس المحلي	التبريد بالتفريغ Vacuum Cooling	التبريد بالثلج Ice Cooling
الكرفس الامريكي . الذرة الحلوة	التبريد بالتفريغ Vacuum Cooling	التبريد المائي أو الثلج Hydro cooling
الطماطة . الفلفل . الباذنجان . الخيار . الفاصولياء . البطاطة . العنب . التكي . الشليك . الرمان	التبريد بالهواء المدفوع Forced-Air Cooling	لا يوجد
المشمش . التفاح . العرموط . الاجاص . الخوخ . النكتارين . الكرز . الكريب فروت . الرتقال	التبريد المائي Hudro Cooling	التبريد بالهواء المدفوع Forced-Air Cooling

مصادر الحرارة أثناء الشحن : ـ

١ ـ الحرارة المتبقية في الشاحنة قبل التحميل : ـ والمقصود بها حرارة الهواء الموجود في الشاحنة قبل وضع المحصول ويمكن التخلص من هذه الحرارة بتبريد الشاحنة قبل تحميلها .

٣ ـ **الحرارة المتسربة الى داخل الشاحنة :** ـ تنفذ هذه الحرارة من خلال الجوانب والارضية والسقف وتتوقف كمية الحرارة المتسربة الى داخل الشاحنة على مقدار الفرق في درجة الحرارة بين الهواء الخارجي وحرارة المحصول داخل الشاحنة وعلى نوع وسمك المادة العازلة والمساحة السطحية للشاحنة . لذا يجب أن يكون سطح الشاحنة الخارجي أبيض اللون كي يعكس حرارة الشمس كما أن جدران الشاحنة يجب أن تكون مبطنة بمادة عازلة .

٢ ـ **الحرارة الاضافية في الثمار :** ـ وهي الحرارة المتكونة أو المكتسبة عند انتظار الشحن أو عدم تبريد الثمار الى الحرارة المطلوبة . وهذه الحرارة في الثمار تسبب رفع الحرارة داخل الشاحنة الامر الذي يتطلب جهداً إضافياً لتبريدها الى الدرجة المناسبة .

٤ ـ **حرارة التنفس أثناء الشحن :** ـ تتوقف حرارة التنفس الناتجة على نوع المحصول فالمحاصيل السريعة التنفس مثل الشليك تنتج كميات كبيرة من الحرارة مقارنة بالبطاطا التي تعتبر بطيئة التنفس .

طرق التبريد أثناء الشحن : ـ

١ ـ **التبريد بالثلج :** ـ وتتم بنثر الثلج المجروش فوق المحصول فيذوب الثلج بشكل تدريجي ويعمل على تبريد المحصول وتسمى هذه الطريقة Top-Icing

فوائد هذه الطريقة ـ

أ ـ عند ذوبان پاوند واحد من الثلج يمتص ١٤٤ وحدة بريطانية BTu

ب ـ رفع نسبة الرطوبة داخل الشاحنة فيمنع ذبول المحاصيل .

أما عيوب هذه الطريقة ـ

أ ـ لا يصلح للمسافات البعيدة لانه يذوب ويخرج على شكل ماء الى خارج الشاحنة .

ب ـ زيادة أسعار الشحن لان كمية الثلج اللازمة للتبريد تساوي ربع حمولة الشاحنة مما يقلل من كفاءة عملية الشحن .

جـ ـ ان نثر الثلج المجروش على المحصول قد يسبب أضرار الانجماد وخاصة في المحاصيل الحساسة للبرودة .

٢ ـ التبريد باستعمال خليط الثلج والملح :ـ وفي هذه الطريقة يوضع الثلج والملح في صناديق خاصة داخل الشاحنة تسمى Ice Bunkers تسمح بمرور الهواء من خلال خليط الثلج والملح ليبرد ثم يدور داخل الشاحنة ليبردها ويعود ثانية الى داخل وعاء التبريد بواسطة مراوح ذات قوة طرد مركزي عالية . من شروط هذه الطريقة تنظيم العبوات في صفوف طويلة بحيث يمر الهواء البارد بين الصفوف لتسهيل تبريدها .

عيوب هذه الطريقة :ـ

أ ـ ذات كفاءة قليلة وتحتاج الى أيد عاملة لتوفير وتداول الثلج .
ب ـ جزء من حمولة الشاحنة مخصص للثلج وهذا يقلل من كفاءة الشحن .
جـ ـ وجود الملح مع الثلج يؤدي الى صدأ هيكل الشاحنة بسرعة بسبب ذوبان الثلج .

٣ ـ التبريد بالغازات السائلة :ـ تعتمد هذه الطريقة على ضخ النايتروجين السائل او ثاني اوكسيد الكاربون السائل الموجود في اسطوانات كبيرة تحت ضغط عال الى داخل الشاحنة بحيث يكون اتجاه الضخ على الارضية وليس فوق المحصول . ان السائل يتحول الى غاز بمجرد ازالة الضغط عنه فيمتص حرارة التبخر من الشاحنة .

تعتبر كفاءة النتروجين السائل عالية في التبريد لانه يستطيع امتصاص « ١٦٥ » وحدة كحرارة بريطانية لكل باوند من الغاز السائل بدرجة الصفر الفهرنهايتي . اما ثاني اوكسيد الكاربون السائل فيستطيع امتصاص « ١٢٠ » وحدة حرارة بريطانية لكل باوند من الغاز بدرجة الصفر الفهرنهايتي .

عيوب هذه الطريقة :ـ

أ ـ تضرر الثمار بسبب انخفاض تركيز الاوكسيجين وارتفاع تركيز ثاني اوكسيد الكاربون يؤدي الى التخمر الكحولي وتكوين غازات ذات نكهة غير مقبولة .
ب ـ يجب توفير عدد كافٍ من المراوح داخل الشاحنة لتنظيم توزيع البرودة ونسب الغازات لان عدم وجود المراوح يؤدي الى تجمد الطبقات العليا من المحصول وبقاء الطبقات السفلى حارة .
جـ ـ تعتبر طريقة مكلفة لزيادة استهلاك الغازات .

٤ ـ التبريد باستعمال الثلج الجاف :ـ وتتلخص هذه الطريقة بنثر الثلج الجاف (CO_2 الصلب) على ارضية الشاحنة فيتحول الى غاز نتيجة امتصاصه حرارة التبخر من الثمار فيبردها بسرعة عالية . حيث ان كل باوند من الثلج الجاف يمتص ٢٤٠ وحدة حرارة بريطانية عندما يكون بدرجة الصفر الفهرنهايتي لذلك يمكننا تقدير كمية الثلج الجاف التي تحتاجها الشاحنة اثناء مدة الشحن من معرفة مقدار حمولة التبريد او كمية الحرارة الواجب التخلص منها اثناء الشحن

عيوب هذه الطريقة :ـ

أ ـ تجمد الطبقات السفلى من المحصول في حين تبقى الطبقات العليا حرارتها عالية وسبب ذلك هو ان غاز ثاني اوكسيد الكاربون ثقيل الوزن لذا فان الغاز البارد يتراكم في اسفل الشاحنة .

ب ـ لابد من وجود المراوح في الشاحنة لتحريك الهواء ومنع تراكم ثاني اوكسيد الكاربون اسفل الشاحنة الذي يسبب اضرارا فسلجية ناتجة عن التسمم بثاني اوكسيد الكاربون .

جـ ـ عدم السيطرة على درجة الحرارة داخل الشاحنة بسبب عدم امكانية تنظيم سرعة ذوبان ثاني اوكسيد الكاربون الصلب

٥ ـ **استعمال التبريد الميكانيكي :ـ** ان اجهزة التبريد الميكانيكي تعمل بالطاقة الكهربائية لذا يجب توفير مصدر كهربائي مستمر قوي تصل قدرته الى ٣٨٠ فولت على الاقل وهذا يتطلب استخدام مولدة كهرباء تعمل بواسطة وقود الديزل ويربط المولد مباشرة على محرك الشاحنة بدلاً من استخدام محرك اضافي لتوليد الكهرباء

من عيوب هذه :ـ

أ ـ اضافة جهد كبير الى محرك الشاحنة مما يقلل قدرتها على سحب الحمولة .

ب ـ عدم ايقاف محرك الشاحنة حتى اثناء التوقفات الطويلة لان ايقاف المحرك يعني توقف اجهزة التبريد وارتفاع حرارة الثمار ثم تلفها .

جـ ـ توقف الشاحنات لمدة ايام في العراق بانتظار الاجراءات الكمركية مع عدم ايقاف المحرك يعني استهلاك كميات كبيرة من الوقود وهذا يزيد تكاليف الشحنة .

ان التبريد الميكانيكي هو المفضل للشاحنات التي تعمل في البلدان النامية لقلة مصانع الثلج المجروش ولسرعة ذوبان الثلج في المناطق الحارة منها. كما ان مصانع الثلج الجاف او النتروجين السائل تكون محدودة في البلدان النامية.

الفصل التاسع

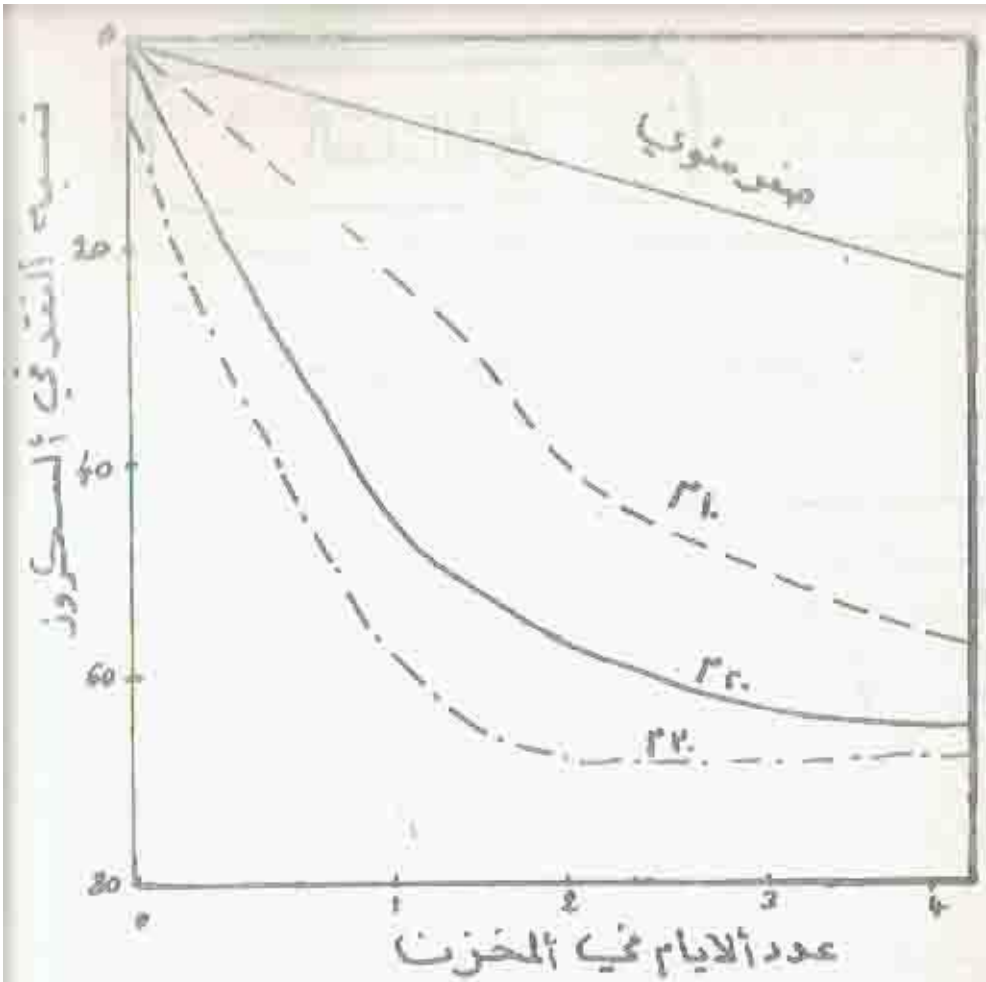
الخزن المبرد للفواكه والخضر

يعتبر الخزن من المراحل المهمة جداً في سلسلة عمليات العناية بالمحصول . ولعملية الخزن المبرد اهمية بالغة في الحفاظ على نوعية الثمار لاطول مدة ممكنة واطالة فترة توفر الحاصل في الاسواق . كما يستعمل الخزن المبرد لتخزين التقاوي للزراعة مثل البطاطا بالاضافة الى تقليل نمو وانتشار الأحياء المجهرية وتقليل سرعة تنفس الثمار إذ ان تخفيض درجة الحرارة يساعد على مضاعفة عمر الثمار بعد الحصاد نتيجة لتقليل تحلل المواد المخزونة واكسدتها وفقدانها من الثمار . فمثلاً ان رفع درجة الحرارة من (صفر) إلى (٣٠° م) يساعد على تقصير فترة نضج ثمار التفاح من شهر الى ثلاثة أيام (West Wood 1978) .

إن الخزن المبرد يساعد على تقليل الفقد في الوزن والتلف نتيجة تقليل تبخر الماء من الثمار ويوضح الشكل (٣٧) تأثير ارتفاع درجة الحرارة اثناء الخزن على فقدان القيمة الغذائية للذرة الحلوة .

وعموماً فأن الحرارة المفضلة للخزن هي التي تكون اكثر من درجة انجماد المحصول بنصف درجة أو درجة واحدة فوق الانجماد اذا كان المحصول غير حساس لاضرار البرودة فمثلاً محاصيل الخضر الورقية تزداد مدة خزنها كلما اقتربت درجة حرارة المخزن من درجة الصفر المئوي . (جدول ٩ . ١٠) .

فمثلاً ان مدة خزن محصول الخس هي ٥ أيام عند خزنه بدرجة ٢٥° م بينما تطول الفترة الى ٤٥ يوماً عند خزنه بدرجة صفر° م .



شكل (٢٧) يوضح تأثير درجة حرارة المخزن على سرعة فقدان السكروز من محصول الذرة الحلوة (العاني ١٩٨٥) .

اما فيما يخص سرعة التنفس وانتاج الحرارة الحيوية فإن الخزن المبرد يؤدي إلى تقليلهما . وتعرف الحرارة الحيوية بانها الحرارة الناتجة عن عملية التنفس واحتراق المواد العضوية مثل الكاربوهيدرات بعملية التنفس .

ان المحاصيل تختلف في سرعة تنفسها متطلباتها الخزنية لذا يجب عدم خلطها في قاعة واحدة ولكن ربما يتم خلط عدة انواع من المحاصيل في حيز واحد وخاصة التي تتشابه في درجة الحرارة المثلى للخزن وفي هذه الحالة يكون الخزن غير ضار

جدول (٩) يوضح ظروف الخزن المناسبة لاهم انواع الفاكهة وطول مدة الخزن بطريقة الغرف المبردة الاعتيادية (العاني ، ١٩٨٥) .

النوع	درجة الحرارة		الرطوبة النسبية	مدة الخزن التقريبية
	فهرنهايتية	مئوية	(٪)	
الخوخ	٣٢ ـ ٣٦	٠ ـ ٢,٥ ـ صفر	٨٥ ـ ٩٠	٢ ـ ٤ أسبوع
التفاح	٣٠ ـ ٤٠	ـ ١ ـ ٤,٥	٩٠	٣ ـ ٨ أشهر
المشمش	٣١ ـ ٣٢	ـ ٠,٥ ـ صفر	٩٠	١ ـ ٢ أسبوع
الأفوكادو	٤٠ ـ ٥٥	٤,٥ ـ ١٣	٨٥ ـ ٩٠	٢ ـ ٤ أسبوع
الموز الناضج	٥٠ ـ ٥٥	١٠ ـ ١٣	٩٠ ـ ٩٥	١ ـ ٢ أسبوع
الموز الأخضر	٥٥ ـ ٥٨	١٣ ـ ١٤,٥	٩٠ ـ ٩٥	١ ـ ٢ شهر
الشليك	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	٥ ـ ٧ يوم
الكرز الحامض	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	٣ ـ ٧ يوم
الكرز الحلو	٣٠ ـ ٣١	ـ ١ ـ ٠	٩٠ ـ ٩٥	٢ ـ ٣ أسبوع
التمر الناضج	٣٢ أو أقل	صفر أو اقل	٧٥ أو اقل	٦ ـ ١٢ شهر
التين الطري	٣١ ـ ٣٢	ـ ٠,٥ ـ صفر	٨٥ ـ ٩٠	٧ ـ ١٠ يوم
الكريب فروت :				
أنتاج كاليفورنيا وأريزونا	٥٨ ـ ٦٠	١٤,٥ ـ ١٥,٥	٨٥ ـ ٩٠	٣ ـ ٤ أسبوع
أنتاج فلوريدا وتكساس	٥٠	١٠	٨٥ ـ ٩٠	٢ ـ ٤ أسبوع
العنب الأوربي	٣٠ ـ ٣١	ـ ١ ـ ـ ٠,٥	٩٠ ـ ٩٥	٣ ـ ٦ شهر
العنب الأمريكي	٣١ ـ ٣٢	ـ ٠,٥ ـ صفر	٨٥	٧ ـ ٨ أسبوع
الليمون	٥٨ ـ ٦٠	١٤,٥ ـ ١٥,٥	٨٥ ـ ٩٠	١ ـ ٦ أسبوع
اللايم	٤٨ ـ ٥٠	٩ ـ ١٠	٨٥ ـ ٩٠	٦ ـ ٨ أسبوع
المانكو	٥٥	١٣	٨٥ ـ ٩٠	٣ ـ ٦ أسبوع
النكتارين	٣١ ـ ٣٢	ـ ٠,٥ ـ صفر	٩٠	٢ ـ ٤ أسبوع

النوع	درجة الحرارة		الرطوبة النسبية	مدة الخزن التقريبية
	فهرنهايتية	مئوية	(٪)	
الزيتون	٤٥ ـ ٥٥	٧ ـ ١٣	٨٥ ـ ٩٠	٤ ـ ٦ أسبوع
الأناناس	٤٥ ـ ٥٥	٧ ـ ١٣	٨٥ ـ ٩٠	٢ ـ ٤ أسبوع
البرتقال، أنتاج كاليفورنيا وأريزونا	٣٨ ـ ٤٨	٣,٣ ـ ٩	٨٥ ـ ٩٠	٣ ـ ٨ أسبوع
أنتاج فلوريدا وتكساس	٣٢	صفر	٨٥ ـ ٩٠	٨ ـ ١٢ أسبوع
السفرجل	٣١ ـ ٣٢	ـ ٠,٥ ـ صفر	٩٠	٢ ـ ٣ شهر
الكمثرى	٢٩ ـ ٣١	ـ ١,٧ ـ ـ ٠,٥	٩٠ ـ ٩٥	٢ ـ ٧ شهر
الكاكي	٣٠	ـ ١	٩٠	٣ ـ ٤ شهر
الأجاص	٣١ ـ ٣٢	ـ ٠,٥ ـ صفر	٩٠ ـ ٩٥	٢ ـ ٤ أسبوع
الرمان	٣٢	صفر	٩٠	٤ ـ ٧ شهر
التنجارين وأصناف البرتقال المتأخرة	٣٢ ـ ٣٨	صفر ـ ٣,٤	٨٥ ـ ٩٠	٢ ـ ٤ أسبوع

يوضح جدول (٩) ان مرحلة البلوغ او النضج عند الحصاد تؤدي دوراً كبيراً في تحديد درجة الحرارة وطول مدة الخزن فالثمار الناضجة تتحمل درجات الحرارة المنخفضة اكثر من الثمار غير الناضجة كما يكون الحال عند مقارنة الموز الناضج مع الموز الاخضر نجد ان الموز الناضج يخزن بدرجة ١٠° م (٥٠° ف) بينما يخزن الموز الاخضر بدرجة ١٣° م (٥٥° ف) لان الموز الاخضر اكثر حساسية لاضرار البرودة . كما ان المناطق نمو المحاصيل علاقة بطول مدة الخزن ودرجة الحرارة المناسبة .

جدول (١٠) يوضح ظروف الخزن المناسبة لاهم انواع الخضر وطول مدة خزنها بطريقة الظرف المبردة الاعتيادية (العاني ، ١٩٨٥) .

النوع	درجة الحرارة		الرطوبة النسبية (٪)	مدة الخزن التقريبية
	فهرنهايتية	مئوية		
البامية	٣٥ ـ ٥٠	١,٧ ـ ١٠	٩٠ ـ ٩٥	٧ ـ ١٠ يوم
الفاصوليا	٤٠ ـ ٤٥	٤,٥ ـ ٧	٩٠ ـ ٩٥	٧ ـ ١٠ يوم
اللهانة	٣٢	صفر	٨٠ ـ ٩٥	٢ ـ ٤ شهر
الجزر	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	٤ ـ ٥ شهر
القرنابيط	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	٢ ـ ٤ أسبوع
الذرة الحلوة	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	٤ ـ ٨ يوم
الخيار	٤٥ ـ ٥٠	٧ ـ ١٠	٩٠ ـ ٩٥	١٠ ـ ١٤ يوم
الباذنجان	٤٥ ـ ٥٠	٧ ـ ١٠	٩٠	٧ يوم
الثوم	٣٢	صفر	٦٥ ـ ٧٠	٦ ـ ٧ شهر
الخس	٣٢	صفر	٩٥	٢ ـ ٣ أسبوع
البطيخ (الشمام)	٣٢ ـ ٣٥	صفر ـ ١,٧	٨٥ ـ ٩٠	٥ ـ ١٤ يوم
البطيخ (باقي الاصناف)	٤٥ ـ ٥٠	٧ ـ ١٠	٨٥ ـ ٩٠	٣ ـ ٤ أسبوع
الرقي	٤٠ ـ ٥٠	٤,٥ ـ ١٠	٨٠ ـ ٨٥	٢ ـ ٣ أسبوع
الفطر	٣٢	صفر	٩٠	٣ ـ ٤ يوم
البصل اليابس	٣٢	صفر	٧٠ ـ	٣ ـ ٨ شهر
البصل الاخضر	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	٣ ـ ٤ أسبوع
البزاليا الخضراء	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	١ ـ ٣ أسبوع
الفلفل الاخضر	٤٥ ـ ٥٠	٧ ـ ١٠	٩٠ ـ ٩٥	٢ ـ ٣ أسبوع
البطاطة (ربيعية)	٤٠	٤,٥	٩٠	٤ ـ ٥ شهر
البطاطة (خريفية)	٣٨ ـ ٤٠	٣ ـ ٤,٥	٩٠	١ ـ ٥ شهر
البطاطة المخصصة	٥٠ ـ ٥٥	١٠ ـ ١٣	٩٠	٢ ـ ٣ شهر

النوع	درجة الحرارة		الرطوبة النسبة ٪	مدة الخزن التقريبية
	فهرنهايتية	مئوية		
للتصنيع				
الفجل	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	٢ ـ ٤ شهر
السبانخ	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	١٠ ـ ١٤ يوم
قرع الكوسة	٤٥ ـ ٥٠	٧ ـ ١٠	٩٠	٥ ـ ١٤ يوم
القرع العسلي	٥٠ ـ ٥٥	١٠ ـ ١٣	٧٠ ـ ٧٥	٢ ـ ٣ شهر
البطاطة الحلوة	٥٥ ـ ٦٠	١٣ ـ ١٥,٥	٨٥ ـ ٩٠	٤ ـ ٦ شهر
الطماطة الخضراء	٥٥	١٣	٨٥ ـ ٩٠	١ ـ ٣ أسبوع
الطماطة الحمراء	٤٥ ـ ٥٠	٧ ـ ١٠	٨٥ ـ ٩٠	٤ ـ ٧ يوم
اللفت	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	٤ ـ ٥ شهر
الهليون	٣٦	٢,٢	٩٥	٢ ـ ٣ أسبوع
الخرشوف	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	شهر واحد
البنجر	٣٢	صفر	٩٥	٣ ـ ٥ شهر
البروكلي	٣٢	صفر	٩٠ ـ ٩٥	١٠ ـ ١٤ يوم

يبين جدول (١٠) ان وجود معدلات متباينة في درجة الحرارة او مدة الخزن يعود الى اختلاف اصناف نفس النوع في طول مدة خزنها وكذلك درجة الحرارة المناسبة . فمثلا ان درجة الحرارة المناسبة لتخزين ثمار الطماطة الخضراء تتراوح بين ٥٥ ـ ٧٠° ف (١٣ ـ ٢١° م) وان طول مدة الخزن تتراوح بين ١ ـ ٣ أسبوع . ان سبب التباين في هذه الحالة يعود الى رغبة المجهز في زيادة سرعة الانضاج أثناء الخزن فمثلا عند خزن الثمار بدرجة ٧٠° ف (٢١° م) تنضج وتسوق خلال اسبوع واحد وبذا تقل مدة الخزن اما عندما يراد تأخير التسويق فيمكن خزن الثمار بدرجة ٥٥° ف (١٣° م) وفي هذه الحالة ستنضج الثمار خلال ثلاثة أسابيع لذلك تطول مدة الخزن .

مثل خزن المحاصيل الورقية بعضها مع بعض . ولكن خزن المحاصيل التي تعطي رائحة مثل البصل والثوم واللهانة والبطيخ مع محاصيل اخرى غير مقبول والسبب هو ان هذه المحاصيل سوف تكتسب الروائح . كذلك فان خلط الثمار المتميزة بسرعة انتاج الاثيلين مع المحاصيل التي لا تنتج الاثيلين يسبب أضراراً لهذه المحاصيل ومن انواع الثمار التي تتميز بانتاج عالي للاثيلين هي التفاح والكمثرى والموز والافوكادو والخوخ والاجاص والبطيخ والطماطة أما الثمار التي تتضرر بشدة عند تعرضها للاثيلين هي الخس واللهانة والجزر والبطاطا والبصل والخيار والازهار المقطوفة . وهذه الاضرار تتلخص في اصفرار هذه المحاصيل وزوال لونها ثم تلفها مثل تلف الجزر نتيجة تكون مادة مرة الطعم في الجذور فيصبح غير صالح للاستهلاك . وللتخلص من الاثيلين يفضل تهوية قاعات الخزن باستمرار ووضع مواد تمتص غاز الاثيلين مثل الفحم المنشط Activated Charcoal الذي يوضع في قنوات يمر عليها هواء المخزن وتتم عملية تنشيط الفحم بتعريضه الى حرارة ٣٠٠° م بعيداً عن الاوكسجين .

طرق الخزن :

هنالك طرق عديدة لخزن الحاصلات البستانية منها ما هو بدائي ومنها حديث وتشمل :

١ ـ **الخزن على الاشجار :** وهي طريقة قديمة وبدائية لكونها تؤثر على القيمة النوعية للثمار نتيجة تعرضها للظروف الجوية غير الطبيعية كارتفاع أو انخفاض الحرارة أو مهاجمتها من قبل القوارض والطيور والحشرات . ومن الامثلة على هذه الطريقة هو خزن الحمضيات على الاشجار وخاصة البرتقال وبعض اصناف الرمان والكمثرى .

٢ ـ **الخزن في الحقل :** وهذه الطريقة قليلة أو عديمة التكاليف وفيها يتم ترك المحصول في الحقل كما في البصل والبطاطا حيث يترك هذان المحصولان في التربة الى حين تسويقهما . ان هذه الطريقة تسبب فقدان نسبة عالية من المحصول كما انها لا تلائم المناطق الحارة لارتفاع نسبة التلف نتيجة فقدان الرطوبة .

٣ ـ **الخزن في غرف مهواة :** وفيها توضع المحاصيل المقطوفة في غرف عادية

تحتوي على عدد معين من المراوح التي تساعد على زيادة حركة الهواء . على ان تكون سرعة حركة الهواء غير عالية كي لا تفقد المحاصيل كمية كبيرة من الرطوبة من عيوب هذه الطريقة عدم التحكم في درجات الحرارة مما يؤدي الى ارتفاع نسبة التلف نتيجة ارتفاع سرعة التنفس وخاصة في المناطق الوسطى والجنوبية من العراق .

٤ ـ الخزن في مخازن مبردة (الخزن المبرد) :

المخازن المبردة عبارة عن غرف خاصة معزولة الجدران لمنع تسرب الحرارة ويعتمد الخزن في هذه الطريقة على نفس درجة الحرارة الى الحد الامثل للخزن حسب نوع المحصول المخزن .

اما ميكانيكية التبريد فتتم باستعمال أحد الغازات مثل غاز الامونيا أو غاز كلوريد المثيل أو ثاني اوكسيد الكبريت أو ثاني اوكسيد الكاربون ومجموعة غازات الفريون واهمها فريون ١٢ وفريون ٢٢ . ويتم التبريد عن طريق امتصاص غاز التبريد للحرارة من داخل غرف الخزن اما كيفية امتصاص الحرارة من غرف التبريد فيكون نتيجة حاجة غاز التبريد الى الحرارة اللازمة لتحويله من الحالة السائلة الى الحالة الغازية وتسمى هذه الحرارة بحرارة التبخر heat of evaporation . فيتم التخلص من الحرارة نتيجة تحول الغاز المسائل تحت الضغط العالي اضافة الى التبريد الذي يتعرض له غاز التبريد اثناء مروره في انابيب التكثيف .

مزايا غاز التبريد الواجب استعماله .

١ ـ عالي الكثافة وذو حجم نوعي صغير .
٢ ـ غير قابل للاشتعال والانفجار .
٣ ـ رائحته غير مخرشة .
٤ ـ غير سام .
٥ ـ لا يؤثر على المحاصيل المخزونة عند تسربه .
٦ ـ قليل التكاليف ولا يمتزج مع الماء لان انفصال الماء عن الغاز في الحالة السائلة يؤدي الى انجماد الماء بسهولة .
٧ ـ قليل التأثير على المعادن حتى لا يسبب تآكل انابيب دورة التبريد .

ان افضل غازات التبريد هو غاز الامونيا لكونه قليل التكاليف ويتحول بسهولة من الحالة الغازية الى الحالة السائلة . كما انه يمتص كميات كبيرة من الحرارة عند التبخر كذلك ذوبانه وامتزاجه مع الماء عندما يكون في الحالة السائلة . لذا لا خوف من انسداد انابيب التبريد ولا حاجة لاستعمال فلترات

حمولة التبريد :

المقصود بحمولة التبريد هو مجموع الحرارة الواجب التخلص منها في مخزن التبريد . وهذه تختلف من مخزن لآخر لانها تتأثر بالظروف الجوية المحيطة بالمخزن ونوع المادة العازلة ونوع المحصول وغيرها .

ان وحدة قياس حمولة التبريد هي طن تبريد والمقصود بها كمية الحرارة اللازمة لذوبان طن واحد من الثلج العادي وهذه تساوي (٢٨٨٠٠٠) وحدة حرارة بريطانية أو (٧٩٩٠٠) سعرة حرارية .

مكونات حمولة التبريد

١ ـ حرارة الحقل Field Heat

وهي كمية الحرارة التي اكتسبها المحصول اثناء وجوده في الحقل قبل او بعد الجني . وحرارة الحقل من أهم مكونات حمولة التبريد في المخزن وخاصة في الأيام الاولى من الخزن لانها تشكل الثقل الاكبر على اجهزة التبريد لذا من الأفضل ازالة حرارة الحقل بطرق التبريد السريع .

ان كمية التبريد اللازمة تعتمد على مقدار الفرق بين حرارة المحصول عند دخوله المخزن والحرارة الواجب خزن المحصول فيها أي الحرارة الابتدائية والنهائية للمحصول . كذلك تعتمد حرارة الحقل على الحرارة النوعية للمحصول Specific heat والتي تساوي :

كمية الحرارة اللازمة لرفع أو خفض حرارة وحدة وزنية من المحصول درجة واحدة

كمية الحرارة اللازمة لرفع أو خفض حرارة نفس الوحدة الوزنية من الماء درجة واحدة

كيفية تقدير الحرارة النوعية للثمار

الحرارة النوعية للمحصول = (نسبة الرطوبة في المحصول × ٠,٠٨) + ٠,٢
حيث ان العدد ٠,٢ هو عدد قابت يساوي الحرارة النوعية للمادة الجافة المحصول .

٢ ـ الحرارة الحيوية :

وهي الحرارة الناتجة من عملية التنفس والفعاليات الفسلجية الأخرى وتعتمد على نوع المحصول وكمية وسرعة تنفسه . وتقدر الحرارة الحيوية كما يلي :
٢٢٠ × سرعة التنفس مقدرة بملغرامات ثاني اوكسيد الكاربون الناتجة من ١ كغم من الثمار خلال ساعة واحدة (Mg/CO_2/Kg/hr)
حيث ان العامل ٢٢٠ نحصل عليه من المعادلة التالية .

Factor = 2.55 gram/Calories/ $MgCO_2$ x 86.3 = 220

والغرض منه هو لتحويل سرعة التنفس الى وحدات بريطانية في اليوم

٣ ـ الحرارة النافذة والحرارة المتسربة Heat leakage

وهي مجموع كميات الحرارة المتسربة الى غرف الخزن المبرد وتشمل :

أ ـ الحرارة النافذة بالتوصيل . كمية الحرارة النافذة الى غرفة التبريد من خلال السقوف والجدران والارضية .
ب ـ الحرارة المتسربة الى داخل المخزن نتيجة خدمة المحصول . وهي الحرارة التي تتسرب نتيجة فتح ابواب المخزن لغرض فحص اجهزة التبريد أو المحصول المخزن .

٤ ـ احتياطي الطوارىء :

وهي الحرارة المضافة نتيجة هبوب الرياح الساخنة الى غرف الخزن خلال موجات الحر والتي تزيد من تسرب الحرارة الى داخل المخزن ويقدر احتياطي الطوارىء بمعدل ٢٠ ـ ٣٥ ٪ من مجموع الأحمال السابقة .

كيفية حساب حمولة التبريد :

لمعرفة كيفية حساب حمولة التبريد نأخذ المثال التالي :

تم تخزين (١٠٠٠) طن من البصل في المنطقة الجنوبية من العراق ، علماً ان حرارة المخزن ٣٢° ف وحرارة المحصول عند الحتي ٨٦° ف وان وقت التبريد هو ٢٠ يوم لخفض الحرارة من ٨٦° ف الى ٣٢° ف وان الحرارة النوعية للبصل ٠,٩ والحرارة الحيوية له ١٢٠٠ طن / يوم وان كمية الحرارة النافذة والمتسربة (٨٧٠٠٠٠ BTu / ساعة . المطلوب تقدير كفاءة التبريد اللازمة لتبريد هذه الكمية من البصل

١ ـ حرارة الحقل = $\frac{\text{وزن المحصول} \times \text{الحرارة النوعية} \times \text{الفرق بين درجة حرارة الحقل والمخزن}}{\text{الوقت اللازم للتبريد بالساعات}}$

$= \frac{٢٠٠٠ \times ١٠٠٠ \times ٠,٩ \times (٨٦ - ٣٢)}{٢٤ \times ٢٠} = ٢٠٢٥٠٠$ / ساعة

٢ ـ الحرارة الحيوية = $\frac{١٠٠٠ \times ١٢٠٠}{٢٤} = ٥٠٠٠$ / ساعة

٣ ـ كمية الحرارة المتسربة أو النافذة = ٨٧٠٠٠٠ BTu / ساعة .

٤ ـ مجموع الاحمال = ٢٠٢٥٠٠ + ٥٠٠٠٠ + ٨٧٠٠٠٠ = ١١٢٢٥٠٠ BTu / ساعة

٥ ـ احتياطي الطوارىء = ٣٥ ٪ من مجموع الاحمال = ٣٩٢٨٧٥ BTu / ساعة

٦ ـ حمولة التبريد = ١٥١٥٣٧٥ BTu / ساعة = ٣٦٣٦٩٠٠٠ BTu / يوم .

٧ ـ سعة وحدة التبريد = $\frac{٣٦٣٦٩٠٠٠}{٢٨٨٠٠٠}$ = ١٢٦,٣ طن تبريد / يوم

أي نحتاج الى ١٢٦ طن تبريد يوميا لتبريد قاعة الخزن الحاوية على ١٠٠٠ طن من البصل .

مثال (٢) :

المطلوب تقدير كفاءة أو سعة وحدة التبريد اللازمة لتبريد وخزن طنين من البرتقال بحيث يتم سحب طن واحد من البرتقال واستبداله بطن اخر من الثمار الغير مبردة يومياً .

ان حرارة الخزن ٤٠° ف وحرارة الجو الخارجي ٨٥° ف . مع العلم ان عملية التبريد يجب أن تتم خلال ست ساعات . وان الحرارة النوعية للبرتقال تساوي ٠,٩ BTu / پاوند / درجة فهرنهيتية وحرارة تنفس البرتقال (الحرارة الحيوية) تساوي ١٥٠٠ BTu / طن / يوم مع اعتبار اضافة ٢٠ ٪ من مجموع كميات الحرارة نتيجة حرارة الخدمة واحتياطي للطوارئ يضاف لوحدة التبريد . علماً ان كمية الحرارة النافذة او المشربة تساوي ٥٥١٠ BTu / ساعة .

الحل :-

١ ـ حرارة الحقل = $\frac{\text{وزن البرتقال} \times \text{الحرارة النوعية} \times \text{الفرق بين حرارة الحقل والمخزن}}{\text{عدد ساعات تشغيل وحدة التبريد}}$

$$= \frac{٢٠٠٠ \times ٠,٩ \times (٨٥ - ٤٠)}{٦} = ١٣٥٠٠ \text{ BTu} / \text{ساعة}$$

$$\frac{١٥٠٠}{٢٤}$$

$$\frac{٢٤ \times ١٢ \times ١٩٠٧٢,٥}{١٠٠ \times ٢٨٨٠٠٠}$$

٢ ـ كمية الحرارة الحيوية (حرارة التنفس) = $\frac{١٥٠٠}{٢٤} \times ١$

= ٦٢,٥ / ساعة

٣ ـ كمية الحرارة النافذة = ٥٥١٠ BTu / ساعة .

٤ ـ كمية الحرارة الواجب امتصاصها في الساعة الواحدة من غرفة التبريد

= حرارة الحقل + حرارة التنفس + الحرارة النافذة

= ١٣٥٠٠ + ٦٢,٥ + ٥٥١٠

= ١٩٠٧٢,٥ BTu / ساعة

٣ ـ سعة وحدة التبريد = $\frac{٩٩ \times ٠,٥ \times ١٩٠٧٩ \times ١٢}{١٠٠ \times ٢٨ ٨٠٠٠}$ = ١,٨٠٧٢٥ طن يزيد في اليوم اي ان وحدة التبريد الواجب انشاءها يجب ان تكون ذات حمولة تقارب ٢طن تبريد في اليوم

مثال (٣) :ـ

مخزن طنين من ثمار الشليك درجة حرارتهما ٨٥° ف في مخزن مبرد تحت درجة حرارة ٤٠° ف وكانت وحدة التبريد تعمل ٨٧٠٠ ساعة في السنة . أحسب سمك العزل الاقتصادي اذا علمت أن طبقة العازل المستعمل هي الواح من الفلين تتحمل ١٥ سنة وثمن القدم المربع من الفلين ٥٠٠ فلس ومجموع مقاومات مكونات الجدار أو العازل = ٢ وتكاليف التخلص من حرارة طن تبريد هي ٤٠٠ فلس والربح على رأس المال يساوي ٦ ٪ .

الحل

تكاليف تعويض الحرارة المتسربة = (ف ـ ف) × ك × عدد ساعات التشغيل في السنة × $\frac{\text{تكاليف طن تبريد}}{٢٨٨٠٠٠}$

$$= (٨٥ - ٤٠) \times ٠,٣ \times ٨٧٠٠ \times \frac{٤٠٠}{٢٨٨٠٠٠}$$

$$= \frac{٤٥ \times ٠,٣ \times ٨٧٠٠ \times ٤٠٠}{٢٨٨٠٠٠} = ١٦٣,١٢٥ \text{ فلساً}$$

استهلاك رأس المال = $\frac{\text{ثمن القدم المربع من المادة العازلة}}{\text{عمر المادة العازلة بالسنوات}}$ + الثمن × $\frac{\text{الربح السنوي}}{٢}$

$$\times \frac{\text{العمر} + ١}{\text{العمر}} = \frac{٥٠٠}{١٥} + ٥٠٠ \times \frac{٠,٠٦}{٢} \times \frac{١٥ + ١}{١٥} = ٧٧,٠٦ \text{ فلس}$$

∴ سمك الطبقة العازلة = $\frac{\text{التكاليف}}{\text{الاستهلاك}}$ ـ ك × ر

حيث أن ل = مجموع مقاومات المواد المكونة للجدار العازل

$$= \left(\frac{١٦٣,١٢٥}{٧٧,٠٦}\right)^{\frac{١}{٢}} - (٢ \times ٠,٣)$$

$$= ٢,٠٩٣ - ٠,٦ = ٢,٤٩٣ \text{ أنج}$$

مثال (٤) :-

ثلاجة عرض تستخدم لحفظ بعض الفاكهة والخضر مقادیرها الیومیة كالاتي :

٤٠٠ رطل برتقال	حرارة التنفس	١٥٠٠	BTu / رطل / يوم
٦٠٠ رطل كمثرى	حرارة التنفس	٨٠٠	BTu / رطل / يوم
٨٠٠ رطل عنب	حرارة التنفس	٩٠	BTu / رطل / يوم
٢٠٠ رطل طماطة حمراء	حرارة التنفس	١٣٦٠	BTu / رطل / يوم
٤٠٠ رطل تفاح	حرارة التنفس	٨٠٠	BTu / رطل / يوم

وذلك عند درجة حرارة ٤٠° ف وتدخل هذه المواد الى الثلاجة عند درجة حرارة ٨٠° ف وتحتاج الى ٤ ساعات لتخفيض درجة حرارتها . إذا كانت جدران الثلاجة الزجاجي بسمك أنج ومساحتها السطحية ٤٠٠ قدم٢ . أحسب سعة وحدة التبريد اللازمة لهذه الثلاجة بالطن تبريد يومياً علماً بان :

معامل انتقال الحرارة بالتوصيل للصوف الزجاجي	٠٢٥ BTU / ساعة ق م ف°
معامل انتقال الحرارة بالتوصيل للخشب	٠٫١ BTU/ ساعة ق م ف°
معامل انتقال الحرارة بالنقل للجو الخارجي	١٧ BTU / ساعة ق م ف°
معامل انتقال الحرارة بالنقل لجو الثلاجة الداخلي	١ BTU / ساعة ق م ف°
معدل الحرارة النوعية للمواد المخزنة	٠٨ BTu / رطل ف°

مع أعتبار إضافة ٢٠ ٪ من كميات الحرارة نتيجة لفتح باب الثلاجة وكاحتياطي لوحدة التبريد .

الحل : ـ

$$\text{حرارة الحقل} = \frac{\text{وزن المواد المخزونة} \times \text{الحرارة النوعية} \times \text{الفرق بين حرارة الحقل والمخزن}}{\text{عدد ساعات تشغيل وحدة التبريد}}$$

$$= \frac{(٥٠ - ٨٥)\{(-٨)\times(٤٠٠ + ٦٥٠ + ٨٥٠ + ٣٥٠ + ٤٠٠)\}}{٢}$$

= ١٩٢٠٠ BTU / ساعة

حرارة التنفس للبرتقال = $\frac{١٥٠٠ \times ٤٠٠}{٣٠٠٠}$ = ٣٠٠ BTU / يوم

حرارة التنفس للكمثرى = $\frac{٨٠٠٠ \times ٦٠٠}{٣٠٠٠}$ = ٢٤٠٠ BTU / يوم

حرارة التنفس للعنب = $\frac{٩٠٠ \times ٨٠٠}{٣٠٠٠}$ = ٣٦٠ BTU / يوم

حرارة التنفس للطماطة = $\frac{١٣٦٠ \times ٣٠٠}{٣٠٠٠}$ = ١٣٦ BTU / يوم

حرارة التنفس للتفاح = $\frac{٨٠٠٠ \times ٤٠٠}{٣٠٠٠}$ = ١٦٠ BTU / يوم

∴ حرارة التنفس الكلية في الساعة = $\frac{٣٣٤٦}{٢٤}$ = ١٣٥ BTU / ساعة

الحرارة النافذة تحسب كما يلي :-

$$\therefore ح_{١} = \frac{م\,(ف_{٢} - ف_{١})}{\frac{س_{١}}{ك_{١}} + \frac{س_{٢}}{ك_{٢}} + \frac{١}{هـ_{٢}}}$$

حيث أن :-

م = مساحة أسطح الثلاجة .

ف = درجة حرارة الهواء داخل الثلاجة .

ف$_{1}$ = درجة حرارة الهواء الخارجي .

هـ$_{1}$ = معامل انتقال الحرارة بالنقل للهواء الداخلي .

هـ$_{2}$ = معامل انتقال الحرارة بالنقل للهواء الخارجي

س$_{1}$ = سمك طبقة الصوف الزجاجي .

س$_{2}$ = سمك طبقة الخشب .

ك$_{1}$ = معامل انتقال الحرارة بالتوصيل لطبقة الصوف الزجاجي

ك$_{2}$ = معامل انتقال الحرارة بالتوصيل للخشب .

$$= \frac{(٤٠ - ٨٠) \times ٤٠٠}{\frac{١}{١} + \frac{١}{٠,٠٣٥ \times ١٢} + \frac{٣}{٠,١ \times ١٣١} + \frac{١}{١٧}}$$

$$= \frac{٤٠ \times ٤٠٠}{١ + ٣,٣٣ + ١,٦٧ + ٠,٥٨٨} = ٢٤٣٠ \text{ BTU/ ساعة}$$

∴ كمية الحرارة التي يجب امتصاصها في الساعة = حرارة الحقل + حرارة التنفس + الحرارة النافذة

$$= ١٩٢٠٠ + ١٣٥ + ٢٤٣٠$$

$$= ٢١٧٦٥ \text{ / ساعة}$$

$$\text{∴ سعة وحدة التبريد اللازمة} = \frac{٢٤ \times ١٢٠ \times ٢١٧٦٥}{١٠٠ \times ٢٨٨٠٠٠}$$

= ٣,١٧٦ طن تبريد/ يوم

الاجراءات الواجبة معرفتها عند الخزن المبرد

١ ـ **تثبيت درجة الحرارة** : ان التذبذب في درجات الحرارة أثناء الخزن يؤثر بشكل كبير على الحاصلات البستانية المخزونة لذا لابد من ضبط درجة الحرارة اللازمة للخزن ويتم ذلك عن طريق جهاز تنظيم الحرارة الموجود في المخزن المبرد أو عن طريق جهاز الثرموهايكروكراف Thermohygrograph الذي يوضع في مواضع مختلفة في المخزن ليسجل درجات الحرارة والرطوبة بشكل مستمر . يفضل أن يكون تسجيل درجة الحرارة يوميا كل ١٢ ساعة في سجلات خاصة للرجوع اليها في حالة حدوث اي مشكلة في مخازن التبريد .

٢ ـ **تثبيت نسبة الرطوبة** : تسجل نسبة الرطوبة داخل المخزن بواسطة جهاز الثرموهايكروكرات الذي يشير الى أي تذبذب في نسبة الرطوبة . وهنالك جهاز يضيف الرطوبة الى هواء المخزن على شكل رذاذ أو بخار ماء ويسمى بالمرطب Humidifier حيث يستخدم هذا الجهاز لتجنب أو تقليل الذبول وفقدان الوزن في المحاصيل المخزونة .

٣ ـ **ازالة حرارة الحقل** : يجب ازالة حرارة الحقل من المحصول قبل خزنه لأن تبريد المحصول بهذه الطريقة يكون بطيئا جداً مما يساعد على انتشار الاحياء المجهرية المسببة للأمراض الفطرية والبكتيرية نتيجة ازالة حرارة الحقل .

٤ ـ **حركة الهواء داخل المخزن** : ان حركة الهواء داخل المخزن لها دور كبير في سرعة تبريد الثمار الى الدرجة المناسبة والحفاظ عليها بشكل منتظم في كافة ارجاء المخزن .

لقد وجد ان حجم الهواء المتحرك في غرفة المخزن يجب أن يكون بمقدار (١٠٠٠) قدم^{٣} / الدقيقة لكل طن من اطنان حمولة التبريد . لذا عندما تكون حركة الهواء غير كافية فانه سيسخن أو ترتفع حرارته وبدا تزداد حرارة المحصول .

الخزن في جو هوائي معدل (CA) Controlled Atmosphere storage

ان خزن المحاصيل في جو هوائي معدل يعتمد اساسا على خفض نسبة الاوكسجين ورفع نسبة ثاني اوكسيد الكربون في جو المخزن ويتم ذلك في غرف

تبريد محكمة الجدران لمنع تسرب الغازات . ان القصد من خفض نسبة O_2 هو لتقليل سرعة التنفس وتأخير تدهور القيمة النوعية والغذائية أما رفع نسبة ثاني اوكسيد الكربون فانها تؤدي الى تأخير عمليات النضج وتأخير فقد اللون الاساسي للفاكهة والجدول (١١) يبين نسب الغازات في الجو الهوائي المعدل .

ان ارتفاع نسبة ثاني اوكسيد الكربون اكثر من المعدل أي اكثر من ٥ ٪ يسبب اضراراً لمعظم المحاصيل خاصة بعض اصناف التفاح مثل الصنف ماكنتوش 1976 Blanpied ، وتتم ازالة ثاني اوكسيد الكربون الفائض باستعمال الجير المطفأ حيث يمتص ثاني اوكسيد الكربون من الهواء أثناء مروره عليها ولكن من عيوب هذه المادة انها تزيل أو تمتص الرطوبة من هواء المخزن لذا يجب اضافة الرطوبة الى الهواء قبل اعادته الى المخزن كما أن تفاعل ثاني اوكسيد الكربون مع الجير $[Ca(OH)_2]$ يؤدي الى انتاج حرارة نتيجة لتحوله الى كربونات الكالسيوم $CaCO_3$

هنالك طريقة اخرى للتخلص من ثاني اوكسيد وتتلخص بامرار تيار الهواء في انابيب من الماء حيث يذوب ثاني اوكسيد الكربون ثم يعود الهواء الناتج الى المخزن ثانية ومن عيوب هذه الطريقة ان قسما من الاوكسجين الذائب في الماء يتحرر ويعود الى هواء المخزن نتيجة انخفاض ضغطه الجزيئي مما يعمل على رفع نسبة الاوكسجين (Pantastico, 1975) .

جدول (١١) يبين المقارنة بين المكونات الغازية للجو الهوائي المعدل والجو الاعتيادي . (العاني ، ١٩٨٥) .

نوع الغاز	المخزن الاعتيادي	مخزن الجو الهوائي المعدل
الأوكسجين O_2	٢١ ٪	٢ ـ ١٠ ٪
ثاني أوكسيد الكاربون CO_2	٠.٠٣ ٪	١ ـ ١٥ ٪
النايتروجين N_2	٧٨ ٪	٨٠ ـ ٩٥ ٪
غازات اخرى (نيون ، هليوم ، ميثان) .	١ ٪	صفر ـ ٥ ٪

يتم التخلص من الاوكسجين بالاستعاضة عنه كلياً او جزئيا بالنيتروجين في بداية عملية الخزن او بامرار هواء الخزن مع الغاز الطبيعي وحرقه في افران خاصة للتخلص من الاوكسجين . اما بالنسبة لغاز الاثلين فيمكن التخلص منه باستخدام الفحم النشط عن طريق امرار هواء المخزن داخل انابيب تحتوي على هذا الفحم .

يمكن تحسين عملية الخزن في جو هوائي معدل باضافة اول اوكسيد الكاربون بنسبة ٢ ـ ٣ ٪ في الجو حيث يؤثر على سرعة التنفس وعمليات الاكسدة التي تؤدي الى تلون الثمار باللون البني . كما لوحظ ان اضافة اول اوكسيد الكربون بتركيز ٥ ـ ٢٠ ٪ يؤدي الى منع التلف الذي تسببه الاحياء المجهرية . اضافة الى ذلك فانه يساعد على منع صلابة الثمار والسكريات والاحماض من الثمار اثناء الخزن (Kader, 1978). اما اضراره فان تركيزه العالي يشجع على حدوث بعض الاضرار الفسلجية التي تشابه الاضرار الناتجة عن ارتفاع ثاني اوكسيد الكربون . ان الجدولين (١٣ ـ ١٣) يبينان انسب ظروف الخزن في الجو الهوائي المعدل لاهم انواع الفواكه والخضر .

تاثير الجو الهوائي المعدل على الفعاليات الفسلجية والحيوية للثمار اثناء الخزن

ان الخزن في جو هوائي معدل مهم جداً للمحاصيل سريعة التلف وخاصة محاصيل الخضر مثل الاسبركس (Ryalland hipton, 1979) . كذلك فهو مناسب للمحاصيل التي يمكن جنيها في مرحلة اكتمال النمو Maturation فقد وجدانه بالامكان تاخير نضج الطماطة عند جنيها في مرحلة النضج الاخضر Mature green الى حين التسويق . ان سبب تاخير النضج يكمن في منع تحلل الكلوروفيل ومنع تكون الكاروتين واحتفاظ الثمار بصلابتها لمدة طويلة كما انه يسبب بطء لجميع الفعاليات الحيوية داخل الثمار حيث وجد ان رفع نسبة ثاني اوكسيد الكربون الى ٢ ـ ٣ ٪ ونقص نسبة الاوكسجين الى ٢ ـ ٣.٥ ٪ وخفض الحرارة الى (١٠-١٠م) ٥٠ف قلل من معدل فقدان الاحماض العضوية في الكمثرى كما سبب تقليل او توقف عمل الانزيمات .

مدى استجابة الثمرة : A ـ ممتازة ، B ـ جيدة ، C ـ مقبولة ، D ـ قليلة أو معدومة .

جدول (١٦) يبين انسب ظروف الخزن في جو هوائي معدل لأهم انواع ثمار الفاكهة (العاني ، ١٩٨٥) .

النوع	معدل درجات الحرارة (م)	معدل نسبة الأوكسجين	معدل نسبة ثاني اوكسيد الكاربون	نسبة الرطوبة	مدى استجابة الثمرة لهذا الطريقة	الملاحظات
التفاح	صفر ـ ٥	٢ ـ ٣	١ ـ ٢	٩٠	A	١٠ ٪ من الانتاج يخزن بهذه الطريقة
المشمش	صفر ـ ٥	٢ ـ ٣	٢ ـ ٣	٩٠	C	يضاعف مدة الخزن
التين	صفر ـ ٥	٥	١٥	٨٥ ـ ٨٠	B	
الكرز الحلو	صفر ـ ٥	٣ ـ ١٠	١٠ ـ ١٣	٩٥ ـ ٩٠	B	
العنب	صفر ـ ٥	ـ	ـ	٩٥ ـ ٩٠	D	التدخين بثاني أوكسيد الكبريت يتعارض مع هذه الطريقة
الكارين	صفر ـ ٥	١ ـ ٥	٥	٩٠	B	
الخوخ	صفر ـ ٥	١ ـ ٣	٥	٩٠ ـ ٨٠	B	مع الحرارة المنخفضة
الكمثري	صفر ـ ٥	٢ ـ ٣	صفر ـ ١	٩٥ ـ ٩٠	A	
الكاكي	صفر ـ ٥	٣ ـ ٥	٥ ـ ٨	٩٠	C	
الأجاص	صفر ـ ٢	١ ـ ٢	صفر ـ ٥	٩٥ ـ ٩٠	B	
الشليك	صفر ـ ٥	١٠	١٥ ـ ٢٠	٩٥ ـ ٩٠	A	يزداد تطبيق العملية خلال شحن الثمار
ثمار النقل والثمار المجففة	صفر ـ ٧٥	صفر ـ ١	صفر ـ ١٠٠		A	لمكافحة الحشرات
الافوكادو	٥ ـ ١٣	٢ ـ ٥	٣ ـ ١٠	٨٥ ـ ١٠	B	
الموز	١٣١٢	٢ ـ ٥	٢ ـ ٥	٩٥ ـ ٩٠	A	
الكريب فروت	١٠ ـ ١٥	٣ ـ ١٠	٥ ـ ١٠	٨٥ ـ ٩٠	C	
الليمون	١٥ ـ ١٠	٥	صفر ـ ٥	٨٥ ـ ٩٠	C	
الزيتون	٨ ـ ١٣	٢ ـ ٥	٥ ـ ١٠	٨٥ ـ ٩٠	C	
البرتقال	٥ ـ ١٠	١٠	٥	٨٥ ـ ٩٠	C	
المانكو	١٠ ـ ١٥	٥	٥	٨٥ ـ ٩٠	C	
الباباظ	١٠ ـ ١٥	٥	١٠	٨٥ ـ ٩٠	C	
الأناناس	١٠ ـ ١٥	٥	١٠	٨٥ ـ ٩٠	C	

مدى استجابة الثمرة : A ـ ممتازة ، B ـ جيدة ، C ـ مقبولة ، D ـ قليلة او معدومة

جدول (١٣) يبين افضل ظروف الخزن في جو هوائي معدل لاهم انواع ثمار الخضر (العاني ، ١٩٨٥) .

النوع	معدل درجات الحرارة (م)	نسبة الأوكسجين	نسبة ثاني أوكسيد الكاربون	نسبة الرطوبة	مدى الاستجابة لهذه الطريقة	الملاحظات
البطيخ	٥ ـ ١٠ *	٣ ـ ٥	٦٠ ـ ١٥	٨٥ ـ ٩٠	B	يضاعف مدة الخزن
(شمام) الجزر	صفر ـ ٥	لا يوجد	لا يوجد	٩٨ ـ ١٠٠	D	يفضل رفع الرطوبة الى ٩٨ ـ ١٠٠ ٪
ـ القرنابيط	صفر ـ ٥	٢ ـ ٥	٢ ـ ٤	٩٠ ـ ٩٥	C	
الكرفس	صفر ـ ٥	١ ـ ٢		٩٥	C	
الذرة الحلوة	صفر ـ ٥	٤ ـ ٦	١٠ ـ ٢٠	٩٠ ـ ٩٥	B	
الخيار	٨ ـ ١٢	٣ ـ ٥	صفر	٩٠ ـ ٩٥	C	
البطيخ دمعة العسل	١٠ ـ ١٢	٣ ـ ٥	صفر	٨٥ ـ ٩٠	C	
الكرات	صفر ـ ٥	١ ـ ٢	٣ ـ ٥	٩٠ ـ ٩٥	B	
الخس	صفر ـ ٥	٢ ـ ٥	صفر	٩٥	B	يفضل اضافة ٢ ـ ٣ ٪
الفطر	صفر ـ ٥	٢١	١٠ ـ ١٥	٩٠	C	
الباذنجان	٨ ـ ١٢	٣ ـ ٥	صفر	٩٠ ـ ٩٥	C	ترفع نسبة عند تخفيض الحرارة الى ٥
البصل اليابس	صفر ـ ٥	١ ـ ٢	صفر	٦٥ ـ ٧٠	B	
البصل الأخضر	صفر ـ ٥	١ ـ ٢	١٠ ـ ٢٠	٩٠ ـ ٩٥	C	
الفلفل الأخضر	٨ ـ ١٢	٣ ـ ٥	صفر	٩٠ ـ ٩٥	C	
البطاطة	٥ ـ ١٢ *	لا يوجد	لا يوجد	٩٠	D	
الفجل	صفر ـ ٥	لا يوجد	لا يوجد	٩٥ ـ ١٠٠	D	يفضل رفع الرطوبة الى ٩٨ ـ ١٠٠ ٪
السبانخ	صفر ـ ٥	٢١	١٠ ـ ٢٠	٩٠ ـ ٩٥	C	
الطماطة الخضراء	١٣٠ ـ ٢٠	٣ ـ ٥	صفر	٨٥ ـ ٩٠	B	
الطماطة الناضجة	٨ ـ ١٢	٣ ـ ٥	صفر	٨٥ ـ ٩٠	B	
الهليون	صفر ـ ٥	٢١	٥ ـ ١٠	٩٥	B	
الفاصوليا الخضراء	٥ ـ ١٠	٢ ـ ٣	٥ ـ ١٠	٩٠ ـ ٩٥	C	تستعمل قبل التصنيع
اللهانة	صفر ـ ٥	٢ ـ ٥	٥ ـ ٧	٩٠ ـ ٩٥	B	تستعمل للخزن الطويل

الاثار الفسلجية لانخفاض الاوكسجين في الجو الهوائي المعدل :

يمكن تلخيص اثر انخفاض نسبة الاوكسجين بما يلي :

١. انخفاض معدل سرعة التنفس وقلة استهلاك المواد المخزونة
٢. تاخير عمليات النضج والتدهور وبذلك تزداد مدة الخزن .
٣. تاخير او منع هدم الكلوروفيل اثناء الخزن .
٤. منع او تاخير تحلل حامض الاسكوربك (فيتامين C) خاصة في التراكيز القليلة من الاوكسجين .

اما زيادة نسبة ثاني اوكسيد الكربون : في الجو الهوائي المعدل فيمكن تلخيص اثارة الفسلجية بما يلي :

١. تقليل او بطء عمليات تحلل وتكوين البروتين والصبغات .
٢. منع عمليات هدم الكلوروفيل . وبذا تحافظ الثمار على اللون الاخضر .
٣. تقليل عمليات تحلل المواد البكتينية .
٤. التقليل من انتاج المواد الطيارة Volatiles والاثلين .
٥. تغيير نسب السكريات المختلفة .
٦. زيادة تراكم بعض الاحماض العضوية وعدم استهلاكها .
٧. ايقاف عمل بعض الانزيمات مثل انزيم Succinodehy drogenase وانزيم Cytochrome oxidase .
٨. ايقاف نمو الفطريات .

مشاكل الخزن في جو هوائي معدل :

١. ان انخفاض نسبة الاوكسجين عن الحد المناسب او ارتفاع ثاني اوكسيد الكربون عن الحد المناسب قد يسبب تلف جميع المحصول او قد يكون ذا نكهة غير مرغوبة فيصبح غير صالح للتسويق .
٢. لو تعرضت الثمار لاضرار ثاني اوكسيد الكربون المرتفع او الاوكسجين المنخفض فانها تمتنع عن النضج مثل الطماطة الخضراء المخزنة

٤. يجب معرفة وتثبيت التوصيات الخاصة لخزن كل محصول لكون المحاصيل يختلف بعضها عن بعض في نسب الغازات المثالية اللازمة لخزنها فمثلاً نسبة ثاني اوكسيد الكربون في مخزن الخس الى ٢٪ او اكثر يؤدي الى تلوين العروق الوسطية في الاوراق بلون بني محمر ويصبح غير صالح للتسويق

٥. ارتفاع ثاني اوكسيد الكربون عن الحد المناسب يسبب اضرار فسلجية مثل الضرر العميق Deep-soft Scald في ثمار التفاح . كما ان انخفاض الاوكسجين وارتفاع ثاني اوكسيد الكربون يؤدي الى اصابة الثمار بـ heart Brown وهو تلون قلب الثمار باللون البني .

٥. انخفاض نسبة الاوكسجين وارتفاع نسبة ثاني اوكسيد الكربون يسبب حدوث التخمر والتنفس اللاهوائي الذي يؤدي الى تكوين نكهة غير مقبولة .

٦. بشكل عام يجب عدم خفض نسبة الاوكسجين عن ٢٪ عند خزن الثمار والمحاصيل عند درجة (ـ ٥,٥ ـ ٣°) ٣١ ـ ٢٨° ف .

الخزن في جو هوائي مخلخل Hypobaric storage

وهي طريقة حديثة لخزن الثمار السريعة التلف وقد استعملت على نطاق تجاري عام ١٩٧٥ . احيانا تسمى هذه الطريقة بالخزن تحت ضغط جوي قليل Pressure storage او الخزن تحت التفريغ Vacuum Storage ان عملية تخفيض الضغط الجوي يساعد على زيادة سرعة انتشار الغازات من داخل الثمرة الى خارجها فيقل تركيز الغازات المتطايرة في الثمرة كما يقل تركيز الاثلين وثاني اوكسيد الكربون والاكسجين .

ان الضغط الجوي المناسب لخزن الثمار بهذه الطريقة يتراوح بين ٢٠ . ـ ٥٠ . ضغط جوي Atmosphere . فمثلاً قد امكن مضاعفة عمر ثمار الموز عند خفض الضغط الجوي في المخزن من ١ ضغط جوي الى ٥٠ . ضغط جوي . وامكن مضاعفة عمر الثمار ثلاث مرات عند تخفيض الضغط الجوي الى ٣٣٠ . بينما امكن مضاعفة عمر الثمار الى ستة اضعاف عند خفض الضغط الجوي الى ٢٠ . (Pantastico, 1975) لقد وجد ان خفض الضغط الجوي الى ١٠ . يقلل نسبة الاوكسجين في المسافات البينية من ٢٤٪ الى ٢,١ ٪ وهذا بدوره يؤدي الى تقليل سرعة التنفس وتقليل انتاج الاثلين الى العشر (Ryall and Pentzer, 1974)

تعتبر هذه الطريقة من الخزن جيدة الخزن التفاح والكمثرى والطماطة والكرز والمشمش والخوخ والشليك والموز والازهار المقطوفة جدول ١٤ . ان تقليل تركيز الاثلين الى العشر والاوكسجين الى ٢٠ ٪ سوف يؤخر نضج الثمار المخزونة فمثلاً اذا كان تركيز الاثلين داخل ثمرة التفاح ١ جزء بالمليون (1ppm) وخزنت تحت جو هوائي مخلخل يكون فيه الضغط ٠,٢ ضغط جوي فان تركيز الاثلين داخل الثمرة سينخفض الى ٠,٢ جزء بالمليون وهذا التركيز لايكفي لتشجيع او احداث النضج في ثمرة التفاح .

تاثير الخزن في الجو الهوائي المخلخل على العمليات الفسلجية

١ . تقليل او منع انتاج الاثلين نتيجة تقليل تركيز غاز الاوكسجين الذي يعتبر ضروريا لانتاج الاثلين (Lougheed, 1978)

٢ . ازالة المواد الطيارة من المسافات البينية مما يطيل من عمر الثمار ويمنع تدهورها .

٣ . تقليل او منع العمليات الكيمياوية المرافقة للنضج .

٤ . تقليل تركيز الاوكسجين في المسافات البينية للثمار مما يساعد على تقليل سرعة التنفس (Bangerth, 1974)

٥ . تقليل الاضرار الفسلجية التي تصيب الثمار اثناء الخزن مثل الانهيار الداخلي ولفحة الخزن وغيرها .

٦ . تقليل تركيز ثاني اوكسيد الكربون داخل الثمرة ومنع تراكمه الى الحد الضار .

تأثير درجة الحرارة والرطوبة على الخزن في جو هوائي مخلخل

يجب خفض الحرارة داخل المخزن الى الحد المناسب . لان ارتفاع الحرارة يزيد من انتاج غاز الاثلين ويشجع على زيادة سرعة التنفس مما يقلل فائدة الخزن في جو هوائي مخلخل .

ان الخزن في جو هوائي مخلخل يؤدي الى تقليل سرعة التنفس (Burg, 1975. وهذا يعني تقليل حرارة التنفس وتقليل حمولة التبريد اثناء الخزن وهذا

جدول (١٩) يوضح المقارنة في طول مدة الخزن لبعض انواع الفاكهة والخضر والازهار المقطوفة في جو هوائي معدل والخزن المبرد الاعتيادي (الغالي ١٩٨٥) . حيث أن الخزن تحت الظروف الجو الهوائي المعدل ادى الى زيادة مدة خزن المحاصيل مقارنة بالتبريد الاعتيادي . فمثلا عند خزن الكرز الحلو تحت ظروف الجو الهوائي المعدل طالت مدة خزنه من (٦٠ ـ ٩٠) يوما مقارنة بالتبريد الاعتيادي والذي كانت مدة خزنه ١٤ يوما . وبالنسبة للخضر كالطماطة الخضراء البالغة خزنت لمدة ١٤ ـ ٢١ يوما تحت ظروف الخزن المبرد بينما تطول هذه المدة الى (٦٠ ـ ١٠٠ يوم) في حالة الجو الهوائي المعدل مع احتفاظها بقيمتها النوعية والتسويقية . كذلك الحال عند خزن الازهار فانها تستجيب للجو الهوائي المعدل خاصة القرنفل والذي كانت مدة خزن لا تزيد عن ١٠ أيام بينما ارتفعت الى ٩١ يوما في الجو الهوائي المعدل .

النوع والصنف	طول مدة الخزن بالايام في مخازن مبردة اعتيادية	طول مدة الخزن بالايام في مخازن الجو الهوائي المعدل
الاناناس (ثمار ناضجة)	٨ ـ ١٥	٢٠
الكريب فروت Grapefruit	٣٠ ـ ٤٠	٥٠ ـ ٦٠
الشليك صنف تايوكا Tioga	٥ ـ ٧	٢٠ ـ ٢٥
الكرز الحلو	١٤	٦٠ ـ ٩٠
الفلفل الاخضر	١٥ ـ ١٨	٣٠
الخيار	٧ ـ ١٢	١٥
الفاصوليا الخضراء	٧ ـ ١٢	٢٠
البصل الاخضر	٢ ـ ٣	١٥
الذرة الحلوة	٤ ـ ٨	٢١
الخس صنف Iceberg	١٤	٤٠ ـ ٤١
الطماطة الخضراء البالغة	٢٤ ـ ٣٢	٥٠ ـ ٦٠
الطماطة الناضجة	١٠ ـ ١٢	١٢٨ ـ ١٤٢
الموز صنف فلاري Valery	٦ ـ ١٤	٤٠ ـ ٥٠
الافوكادو صنف لولا Lula	٢٢ ـ ٣٠	٩٠ ـ ١٠٠
اللايم صنف تاهيتي Tahiti	١٤ ـ ٢٨	٦٠ ـ ٩٠
التفاح مجموعة اصناف	٢٠ ـ ٩٠	٢٠٠
الكمثرى صنف بارتلت Bartlet	٤٥ ـ ٦٠	٢٠٠
الازهار المقطوفة		
القرنفل Carnation	١٥	٩٠
الماردي Chrysanthemum	٦ ـ ٨	٢١ ـ ٢٨
حلق السبع Snapdragon	٨	٤٢ ـ ٥٦
الكلاديولس Gladiolus	٧ ـ ٩	٢٠
الوردة (وردة) Rose	٧ ـ ١٤	٥٦

بدوره يقلل الوقت اللازم للتبريد مع المحافظة على حرارة منجانسة اثناء الخزن

اما فيما يخص الرطوبة فان تجانس درجة الحرارة داخل مخزن الجو الهوائي المخلخل تجعل السيطرة على نسبة الرطوبة في هواء المخزن امراً سهلا ودقيقا .

مزايا وعيوب الخزن في جو هوائي مخلخل

١ ـ تعتبر من افضل طرق الخزن لكونها تحافظ على القيمة النوعية والغذائية للمحاصيل المخزنة

٢ ـ تعتبر من افضل الطرق عند استعمال الجو المخلخل اثناء شحن الفواكه والخضر الى اسواق أو مسافات بعيدة .

٣ ـ لا يوجد أي ضرر من استعمال هذه الطريقة ولا سيما انها تعتمد على مفرغات الهواء فقط . بعكس طرق التبريد الاخرى التي تحتاج الى اسطوانات من غاز النيتروجين السائل أو ثاني اوكسيد الكربون السائل أو الثلج الجاف .

٤ ـ لا تحتاج هذه الطريقة الى ايدي فنية لعدم الحاجة الى الفحوصات الدورية لاجهزة تسجيل نسب الغازات كما هو متبع في مخازن الجو الهوائي المعدل .

٥ ـ ان عملية تخفيض الضغط الجوي تؤدي الى تسرب بخار الماء خارج الثمار مما يؤدي الى ذبولها خلال فترة قصيرة وهذا يعتبر من أهم عيوب هذه الطريقة ولكن يمكن علاج ذلك باضافة الرطوبة الى هواء المخزن باستمرار قبل واثناء دخوله الى المخزن

٦ ـ كلفة انشاء مخازن أو شاحنات الجو الهوائي المخلخل اعلى من كلفة المخزن في جو هوائي معدل لكونها يجب ان تتحمل الضغط المسلط على الجدران من الخارج نتيجة التفريغ . لذلك يفضل استخدام هذه الطريقة مع المحاصيل السريعة التلف وذات الاسعار المرتفعة كي تسد تكاليف انشائها .

الفصل العاشر

الاضرار الفسلجية التي تصيب الثمار اثناء الخزن

ان معظم الاضرار الفسلجية التي تحدث في الثمار تكون نتيجة تعرضها لدرجات حرارة غير مناسبة او اختلاف نسب الغازات في جو المخزن عن الحد الامثل للخزن او تذبذب الرطوبة في جو المخزن.

اهم الاضرار الفسلجية هي اضرار البرودة او اضرار الحرارة المنخفضة وتنتج هذه الاضرار بسبب تعريض ثمار الفاكهة والخضر الى درجات حرارة منخفضة اقل من الدرجة المناسبة لخزنها ونستنتج من ذلك ان الثمار يجب ان تخزن في درجات الحرارة المناسبة لكل صنف او نوع وبصورة عامة تكون الحرارة المناسبة لذلك الصنف او النوع اقل حرارة لاتحدث فيها اضرار البرودة ويمكن حصرها ضمن المدى الحراري (صفر الى ٣°م) (Lutz and Harden burg, 1977). اضرار البرودة يمكن ان تحدث عند تعرض الثمار لدرجات الحرارة المنخفضة اثناء النمو او اثناء ترك الحاصل في الحقل بعد الجني او اثناء الشحن. ان الثمار التي تتعرض لاضرار البرودة تقل مقاومتها للاضرار الميكانيكية وامراض التفسخ.

تعتبر اضرار البرودة من المشاكل الرئيسية في خزن الحاصلات الحساسة للبرودة لان البرودة تجعل مثل هذه المحاصيل غير قابلة للخزن وبذا تكون فترة حياتها صغيرة كما انها تقلل من قيمتها الغذائية ففي البطاطا الحلوة مثلاً لا يتكون فيتامين عند خزنها بدرجة اقل من ٥٥ف (Rgall and Lipton 1979). اضافة الى ذلك فان الثمار المصابة باضرار البرودة تكون عرضة للاصابة بالاحياء المجهرية المسببة للتلف لان الخلايا المتضررة تفقد قابليتها على مقاومة الاحياء المجهرية

مثل عفن الالترناريا Alternaria Rot الذي ينتشر بشدة على ثمار الطماطة والفرع والبطيخ المتضررة بالبرودة .

ان تأثير درجات الحرارة يكون تأثيراً تراكمياً Acumulative وان حدوث الضرر يتوقف على عامل الزمن ودرجة الحرارة فمثلاً قد لايتحمل المحصول درجات الحرارة المنخفضة جداً اكثر من ساعات محددة بينما يتحمل المحصول انخفاضاً بسيطاً في درجات الحرارة عدة ايام باستثناء بعض المحاصيل الحساسة مثل الخيار والموز والكريب فروت التي تتضرر خلال فترة قصيرة اذا انخفضت الحرارة من الدرجة المناسبة .

تحمل الثمار لاضرار البرودة : تختلف الثمار الخضراوات في درجة تحملها لاضرار البرودة حسب الصنف والنوع وبشكل عام فان الثمار التي تنمو في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية تكون اكثر حساسية لاضرار البرودة مقارنة بالثمار النامية في المناطق المعتدلة والباردة لذا يمكن تقسيم الحاصلات البستانية الى اربعة مجاميع حسب حساسيتها لاضرار البرودة .

١ ـ محاصيل غير حساسة No Sensitive : ـ ان الدرجة المثلى لخزن مثل هذه المحاصيل هي درجة الصفر المئوي (٣٢° ف) . علماً ان درجة انجماد مثل هذه المحاصيل هي اقل من الصفر المئوي بقليل . وتشمل هذه المجموعة جميع الخضر الورقية وجميع أصناف الكمثرى ومعظم اصناف التفاح وخاصة Golden Red Delicious ، Delicions

٢ ـ محاصيل قليلة الحساسية Slight Sensitivity : ـ وهذه تتأثر بأضرار البرودة ولكن بدرجة قليلة وخاصة عند تعرضها لدرجة أقل من ٤.٤° م ٤٠° ف اما الدرجة المثلى لخزنها هي ٤° ف وتشمل هذه المجموعة الرقي والبطاطا والبرتقال والاسبركس .

٣ ـ محاصيل متوسطة الحساسية Medium Sensitivity: ـ أفضل درجة لخزن هذه المجموعة من الثمار هي ٥٠° ف (١٠° م) وتصاب الثمار باضرار البرودة اذا انخفضت درجة الحرارة عن ٥٠° ف وتشمل هذه المجموعة الطماطة الناضجة . الفلفل الأخضر . الزيتون . الباذنجان . البامية . الفاصوليا الخضراء .

٤ ـ محاصيل شديدة الحساسية High Sensitivity : وتضم هذه المجموعة الثمار الشديدة الحساسية لأضرار البرودة التي تصاب اذا انخفضت درجة الحرارة عن ٥٥° ف (١٣° م) حيث ان هذه الدرجة هي المثلى لخزنها لأطول مدة ممكنة أما اهم ثمار هذه المجموعة فهي البطاطا الحلوة . المور . الليمون الطماطة الخضراء .

اعراض الاصابة بأضرار البرودة : ان أعراض الاصابة بأضرار البرودة تظهر عند نقل الثمار المصابة الى درجات الحرارة المعتدلة أو الدافئة وتختلف هذه الاعراض باختلاف الانواع والنسيج النباتي ومقدار التعريض للبرودة وغيرها من العوامل الاخرى . فعندما يكون التعريض لدرجات الحرارة المنخفضة لفترة قصيرة فأن الاضرار الناتجة عن أضطراب التفاعلات الحيوية أو التغيير في نفاذية الأغشية تكون رجعية Reversible أي قابلة للزوال وعودة الخلية الى الحالة الطبيعية اذا ما عادت الى درجات الحرارة المنخفضة مستمر فأن الضرر يكون غير رجعي Irreversible أي لا يمكن ان تعود الخلية الى حالتها الطبيعية بعد زوال المؤثر (Lyons, 1973) ويمكن ايجاز أعراض اضرار البرودة بالنقاط التالية :ـ

١ ـ التغيير في اللون Discoloration : والمقصود به تغيير لون لحم الثمار أو تغيير لون القشرية لبعض ثمار الفاكهة والخضر ويكون التغيير في اللون على شكل بقع صغيرة في البداية ثم تزداد مساحتها بزيادة شدة الاصابة باضرار البرودة .

ان سبب التلون هو اكسدة المواد الفينولية بواسطة انزيم Poly. Phenol Oxidase بوجود الاوكسجين الذي يفقد الى داخل الخلية نتيجة تقليل تماسك الانسجة الخلوية بسبب البرودة

ان تلون قلب الثمار في بعض اصناف التفاح مثل صنف McIntosh سببه خزن الثمار بدرجة حرارة أقل من ٣٨° ف (٣° م) كذلك الحال بالنسبة لتلون طبقة الالبيدو في ثمار الليمون باللون البني اثناء خزنها في درجات حرارة منخفضة . ومن اعراض البرودة أيضا حدوث تلون بني محمر داخلي في درنات البطاطا يدعى Mahogany Browning (Smith, 1977) عند خزنها بدرجة حرارة تتراوح بين الصفر و ٤° م لمدة ٣٠ أسبوع .

٣ ـ الانهيار المائي Water soaking

ويظهر على شكل اكياس مائية ذات لون أدكن تسيل منها العصارة عند شق البثرة ويحدث نتيجة خلط محتويات الخلايا الميتة تحت البثرة بعضها مع بعض بسبب الضرر الذي يحدث للانسجة الحلوية كما هو الحال في ثمار الطماطة الخضراء البالغة .

٣ ـ النضج غير الطبيعي Abnormal Ripening

ان تعرض الثمار الحساسة لاضرار البرودة الى درجات الحرارة المنخفضة يؤدي الى بطء أو توقف بعض الفعاليات الحيوية وزيادة سرعة البعض الآخر مما يؤدي الى تكوين مواد سامة تسبب عدم حدوث النضج الطبيعي ومثال على ذلك ان ثمار الموز والطماطة الخضراء البالغة وثمار البطيخ تمتنع عن النضج عند تعريضها لاضرار البرودة .

٤ ـ التلف Decay

هنالك علاقة طردية بين فترة تعرض الثمار لاضرار البرودة وقابليتها الاصابة بالاحياء المجهرية المسببة للتلف . والسبب هو أن الخلايا المصابة باضرار البرودة تكون ضعيفة وغير قادرة على مقاومة الاحياء . كذلك فان اصابة الثمار باضرار البرودة يمنع حدوث [illegible] ام الجروح في البطاطا العادية والحلوة حيث لا تتكون الطبقة الفلينية على مناطق الجروح فتصبح الثمار عرضة لمهاجمة الاحياء المجهرية .

٥ ـ تكوين البثرات Pitting

البثرات عبارة عن مناطق ميتة جافة صغيرة منتظمة تكون غائرة تحت مستوى سطح الثمرة ذات ملمس خشن . تظهر البثرات في البداية على هيئة نقط صغيرة ومع زيادة شدة الضرر يزداد عدد البثرات وتتسع وتتحد بعضها مع بعض وتصبح على شكل حفر أو نقر Pits . ومما يزيد من سرعة ظهور البثرات هو قلة رطوبة هواء المخزن حيث تزداد سرعة التبخر في الخلايا المتضررة مما يؤدي الى جفافها . لذا فان زيادة الرطوبة في هواء المخزن يؤخر حدوث البثرات أو يمنع ظهورها كما أن تشميع الثمار Waxing أو تعبئتها بعبوات بلاستيكية مانعة لفقدان الرطوبة يقلل من حدوث البثرات .

العوامل المؤثرة على شدة الاصابة باضرار البرودة

١ ـ درجة الحرارة Temperature

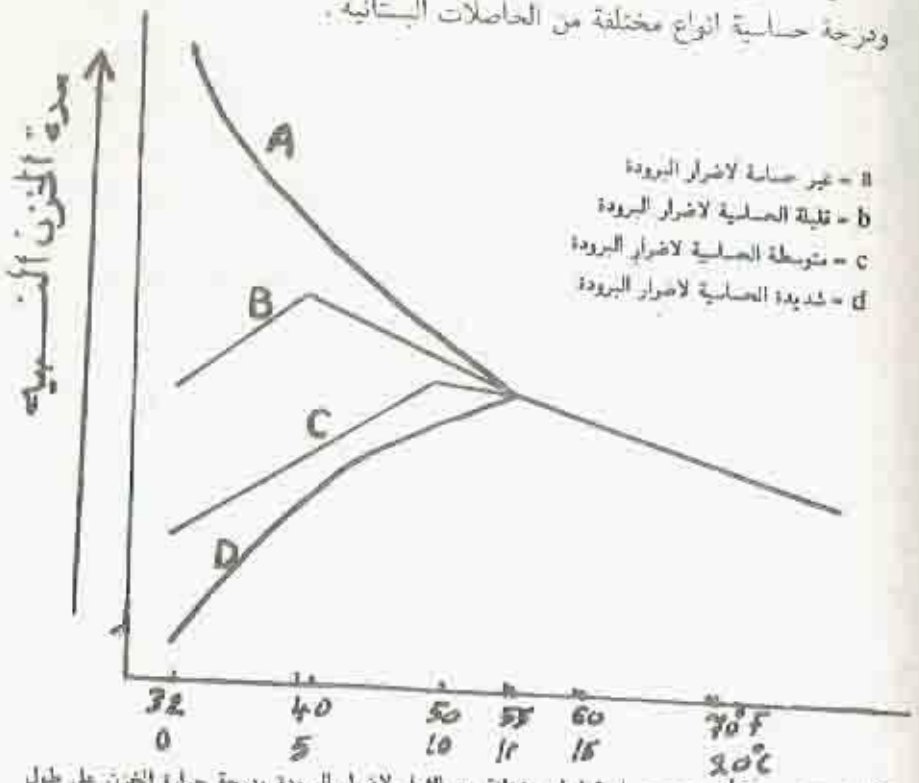
كلما انخفضت درجة الحرارة عن الدرجة الحدية كلما زادت سرعة حدوث الضرر والمقصود بالدرجة الحدية هي الدرجة التي تحدث عندها أضرار البرودة وتختلف الدرجة الحدية باختلاف النوع والصنف. فمثلا ان اضرار البرودة تحدث للبطاطا الحلوة اذا تعرضت لدرجة الصفر المئوي لمدة يوم واحد. بينما لا يحدث الضرر الا بعد اربعة أيام عند تعرض البطاطا الحلوة لدرجة ٧° م. على اية حال فأن تأثير الحرارة يعتمد على ثلاثة عوامل رئيسية هي :

أ ـ مدى انخفاض درجة الحرارة.

ب ـ الفترة الزمنية للتعرض لتلك الدرجة.

جـ ـ درجة حساسية المحصول لاضرار البرودة.

ان الشكل (٢٨) يوضح العلاقة بين طول مدة الخزن ودرجة حرارة المخزن ودرجة حساسية انواع مختلفة من الحاصلات البستانية.



شكل (٢٨) يبين تأثير شدة حساسية انواع مختلفة من الثمار لاضرار البرودة ودرجة حرارة الخزن على طول فترة الخزن (العاني ١٩٨٥).

٢ ـ نسبة الرطوبة Relative humidity

ان أعراض البرودة تظهر كلما انخفضت نسبة الرطوبة داخل المخزن خاصة في حالة الاعراض التي تكون على شكل سبكات بثرات حيث ان قلة الرطوبة تزيد من سرعة تبخر الماء من المناطق الميتة في الثمار مما يؤدي الى جفافها . اما اذا كانت رطوبة المخزن مرتفعة (٩٥ ٪) فانها ستؤدي الى تأخير ظهور أعراض الأصابة باضرار البرودة ولكنها لاتمنع حدوث الضرر . ان زيادة رطوبة المخزن الى درجة الأشباع ستؤدي الى زيادة سرعة انتشار الاحياء المجهرية المسببة للتفسخ مما يزيد التلف خاصة اذا كانت هناك بعض الاضرار الميكانيكية في الثمار المخزنة

٣ ـ العمر الفسلجي للثمار Physiological age

ان العمر لثمار الفسلجي تأثيراً كبيراً في مقاومة الثمار لاضرار البرودة فكلما كانت الثمار ناضجة قلت الاصابة باضرار البرودة والعكس صحيح أي ان الثمار غير الناضجة تكون اكثر عرضة للاصابة باضرار البرودة Lyons 1973 فقد وجد ان ثمار الموز غير البالغة اكثر عرضة للضرر من الثمار البالغة اذا تعرضت لنفس درجة الحرارة ولنفس الفترة الزمنية

كيفية المحافظة على الثمار من اضرار البرودة :

١ ـ **تنظيم درجة الحرارة** : ويتم ذلك بخزن المحاصيل كلاً حسب درجة الحرارة الملائمة لخزنه مع مراعاة عدم تذبذب درجة الحرارة أثناء الخزن .

٢ ـ **علاج الثمار المعرضة لاضرار البرودة** : اذا تعرضت الثمار لدرجات الحرارة المنخفضة سواء كان في الحقل أو داخل المخزن فيمكن علاج ذلك عن طريق تعريض المحصول الى درجات حرارة دافئة وتدعى هذه العملية . بالتكيف Conditioning

٣ ـ **اقلمة الثمار** : وتتم هذه العملية بتعريض الثمار المراد خزنها الى درجات الحرارة المنخفضة بشكل تدريجي وعدم تخفيض الحرارة بشكل مفاجيء وقد وجد ان هذه العملية تزيد مقاومة الثمار لاضرار البرودة خاصة في ثمار الحمضيات . والاجاص والبطاطا الحلوة والخيار . (العاني ١٩٨٥) .

٤ ـ **تنظيم الرطوبة في المخزن :** رطوبة المخزن تتناسب عكسيا مع مقدار الاصابة باضرار البرودة فكلما زادت الرطوبة قلت اضرار البرودة . وقد وجد ان رفع رطوبة المخزن الى ١٠٠ ٪ أخر ظهور أعراض البرودة وخاصة البثرات ولكن هذه العملية صعبة ولا تلائم جميع المحاصيل حيث انها تلائم الثمار المخزونة لاغراض التصنيع المباشر بعد الخزن فقط .

٥ ـ **الخزن في جو هوائي معدل :** ان الخزن في جو هوائي معدل يقلل من اضرار البرودة في بعض انواع المحاصيل الحساسة ، حيث ان خفض نسبة الاوكسجين في هواء المخزن تؤدي الى منع ظهور اضرار البرودة في معظم المحاصيل ولكن زيادة نسبة ثاني اوكسيد الكربون اثناء الخزن يؤدي احياناً الى زيادة شدة الضرر .

٦ . **الخزن في جو هوائي مخلخل :** لقد وجد ان خزن الثمار في جو هوائي مخلخل ادى الى تقليل اضرار البرودة بصورة عامة لمعظم المحاصيل وخاصة ثمار الطماطة والفلفل والموز والكريب فروت عند خزنها تحت ضغط منخفض جداً (٥٠ ـ ٢٠٠ ملم زئبق) مع تغيير مستمر للهواء لازالة المواد الطيارة الناتجة (Lyons, 1973) حيث وجد ان اضرار البرودة التي تكون على هيئة بثرات يمكن التغلب عليها كما في حالة ثمار الكريب فروت عند خزنها تحت ضغط مخلخل (٢٢٠ ملم زئبق) .

٧ . **علاج الأضرار الميكانيكية قبل الخزن :** ان الثمار المصاب بالاضرار الميكانيكية تكون عرضة للاصابة باضرار البرودة اكثر من الثمار السليمة بسبب عدم قدرتها على تكوين طبقة من الخلايا الواقية مثل اللكنين والانسجة الفلينية التي تحميها من الأصابة بالأحياء المجهرية .

المقاومة للبرودة الى اصناف اخرى فمثلا صنف الفاصوليا الخضراء Kentucky-wonder شديد الحساسية لاضرار البرودة بينما الصنف Bountiful يعتبر متوسط الحساسية في حين الصنف Romano يعتبر قليل الحساسية لاضرار البرودة (Ryal and Lipton, 1979) ان هذا يدل على ان صفة المقاومة للبرد صفة وارثية يمكن نقلها من خلال عمليات التهجين والتربية

١ ـ اضطراب عملية التنفس : Abnormal Respiration

لقد وجد أن التعرض لاضرار البرودة يؤدي الى زيادة أو نقصان سرعة التنفس اعتماداً على حساسية الثمار لاضرار البرودة فمثلاً ان ثمار الباباظ Papaya عند تعرضها للبرد يزداد فيها انتاج ثاني اوكسيد الكربون . كذلك الحال بالنسبة لثمار البطاطا الحلوة والخيار والطماطة والليمون فعند تعرض هذه الثمار الى البرودة نجد أن سرعة تنفسها تزداد بشكل ملحوظ (Pantastico, 1975)

٢ . ضعف نشاط المايتوكوندريا Mitochondria

وجد ان قدرة المايتوكوندريا على استهلاك الاوكسجين وتكوين الطاقة على شكل ATP تنخفض نتيجة تعرض البطاطا الحلوة لدرجات الحرارة المنخفضة . وتنخفض هذه القدرة كلما زادت شدة الضرر بالبرد اما اذا كان الضرر بسيطاً أو قليلاً فأن الضرر الذي يصيب المايتوكوندريا من الممكن اصلاحه . وتعود المايتوكوندريا الى حالتها الطبيعية اذا أضيف الى وسط التفاعل المركب سايتوكروم C . ان هذا المركب يوجد في المايتوكوندريا في الحالة الطبيعية (غير المتضررة لكن اضرار البرودة البسيطة تؤدي الى فقدان أو تسرب سايتوكروم c مما يسبب تقليل قدرة المايتوكوندريا على تكوين الطاقة . كما وجد ان المايتوكوندريا المتضررة تكون منتفخة مقارنة بغير المتضررة وهذا الانتفاخ هو احد مظاهر التحلل والتدهور .

٣ . توقف حركة البروتوبلازم Protoplasmic streaming

ان اهم اضرار البرودة هو تاثيرها على حركة البروتوبلازم حيث وجد ان البروتوبلازم الموجود في الشعيرات الجذرية قد توقف عن الحركة عندما انخفضت درجة الحرارة الى ١٠°م في المحاصيل الحساسة لاضرار البرودة مثل الخيار والطماطة وقد لوحظ ان البروتوبلازم يعود الى حركته اذا ما ارتفعت درجة الحرارة ولكن اذا استمر التعرض الى درجة حرارة منخفضة (صفر مئوي) ولمدة اكثر من ٢٤ ساعة فان حركة البروتوبلازم لن تعود ثانية حتى اذا اعيد النبات الى درجة الحرارة المناسبة (٢٠°م) اما فيما يخص المحاصيل غير الحساسة للبرودة فان حركة البروتوبلازم تستمر حتى لو انخفضت الحرارة الى (٥°م) (Lyons, 1973)

ان حركة البروتوبلازم تعتمد على الطاقة الناتجة من التنفس فعند اضطراب التنفس وخاصة عند نقصان سرعة التنفس فان البروتوبلازم سيتوقف وهذا يؤدي بدوره الى حدوث التنفس اللاهوائي مما يسبب تلف المحصول (1975 . Pantastico,

٤ . تضرر الاغشية الخلوية Memberances

ان الاغشية الخلوية تحيط بالخلية واجزائها بحيث تفصل محتويات الخلية عن بعضها واجزاء الخلية عن بعضها البعض . وان عملية الانتقال او النفاذ خلال هذه الأغشية تتم تحت سيطرة الخلية وتسمى Active Transport وبواسطة حوامل متخصصة تدعى Carriers .

لقد وجد ان حدوث أي ضرر لهذه الأغشية سيفقدها السيطرة على حركة وانتقال المواد من والى الخلية حسب شدة الضرر . فمثلاً عندما يكون الضرر بسيطاً فان الاغشية الخلوية تفقد سيطرتها على حركة الايونات والماء وتسمى هذه الظاهرة Leakage (التسرب) . اما اذا كان الضرر شديداً فان مقدار التسرب سيكون اكبر ويشمل المركبات ذات الوزن الجزيئي الكبير وفي هذه الحالة سيحدث تلامس بين المواد المخزونة في الفجوات مع مع الانزيمات الموجودة في السيتوبلازم محدثة تفاعلات عشوائية بدون سيطرة الخلية وبالتالي موت الخلية وتلف الثمرة . ويمكن تلخيص اضرار البرودة على الأغشية الخلوية كما يلي :-

أ ـ تقليل تغاذية الأغشية الخلوية ثم قلة قدرتها على امتصاص الماء ثم زيادة لزوجة البروتوبلازم وتوقفه عن الحركة .

ب ـ تسرب محتويات الخلية الى الخارج حيث وجد ان مقدار تسرب الايونات في البطاطا الحلوة المتضررة بالبرد يعادل خمسة اضعاف البطاطا الحلوة التي لم تتعرض للبرد .

جـ ـ فقدان الاغشية الخلوية ثم تصلبها وهذا التصلب يعتمد على نوع الاحماض الدهنية الداخلة في تكوين الغشاء الخلوي . لقد وجد ان الاغشية الخلوية للانواع المقاومة للبرد تحتوي على نسبة عالية من الاحماض الدهنية غير المشبعة في حين ان الانواع الحساسة للبرد تكون معظم الاحماض الدهنية في الاغشية الخلوية فيها مشبعة .

د ـ حدوث شقوق او فتحات في الاغشية الخلوية المصابة نتيجة تصلبها بسبب البرد وهذه ربما تحدث بسبب انكسار الاواصر التي تربط بين الاحماض الدهنية المشبعة (Uritani, 1978) .

٥ ـ اخلال الفعاليات الحيوية

ان عدم توازن الفاعليات الحيوية او اختلالها بسبب البرودة يعني بطء أو توقف تفاعلات معينة بينما هناك تفاعلات لاتتاثر بالبرودة فتستمر هذه بنفس سرعتها أو قد تزداد سرعتها لتراكم المواد الاولية اللازمة للتفاعل Substrates . فقد وجد ان وحدة الاحماض العضوية (Krebs Cycle) تتوقف أو تضطرب نتيجة التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة وهذا يعني أو عدم تكوين الطاقة الضرورية لبقاء الخلية .

لوحظ ان اصابة ثمار المانكو باضرار البرودة ادت الى نقص في تركيز السكريات الكلية وعدم تحلل النشا . كذلك نقص بعض الاحماض العضوية في ثمار الخيار عند تعرضها لدرجة ٢,٨° م ولمدة عشرة أيام بينما نجد تراكم احماض عضوية ضارة مثل Alpha-Keto acid في ثمار الليمون عند تعريضها للبرودة مما يؤدي الى تكوين بثرات في قشرة الثمار .

الانحلال الداخلي Internal break down

وهذا الضرر يصيب ثمار التفاح عند تعريضها لدرجات الحرارة المنخفضة اثناء الخزن مثل صنف Janathan و Golden Delicious عند خزنها تحت درجة (صفر م°) .

أهم أسباب الضرر هي :

أ ـ تعريض الثمار لدرجة حرارة منخفضة (صفر مئوي أو أقل) .
ب ـ تأخير الخزن وازدياد تركيز Co_2 في جو المخزن .

اما اعراض الضرر فهي :

أ ـ حدوث انحلال داخلي مائي في الثمرة يسمى بالانحلال المائي
Sogg y break down
ب . تخمر الانسجة المصابة .
ج . الثمار المصابة تصبح اسفنجية القوام .

الوقاية من حدوث الضرر

أ . خزن الثمار عند درجة الحرارة المثلى لخزنها (٣,٣ ـ ٤,٤ م°)
ب . غمر الثمار في محلول كاربونات الصوديوم أو البوتاسيوم .

البقع المرة Bitter pits

وهو من اكثر الاضرار الفسلجية انتشاراً ويصيب بعض اصناف التفاح مثل Northenspy ، Delicions . وتظهر البقع على شكل انخفاضات دائرية خضر أو سُمْر يتراوح قطرها بين ١/ ١٦ ـ ١/ ٨ من الانج وعند تقشير الثمار المصابة يلاحظ وجود كتل من الانسجة الاسفنجية الجافة المرة الطعم
اسباب هذا الضرر هي :

أ ـ تعريض الثمار قبل حصادها الى جو حار جاف.
ب ـ قطف الثمار قبل اكتمال نموها.
ج ـ كثرة التسميد النتروجيني وقلة الكالسيوم في الثمار.
د ـ خزن الثمار في درجة حرارة مرتفعة.

الوقاية :

أ ـ التبريد السريع للثمار.
ب ـ الخزن على درجة منخفضة وملائمة.
ج ـ رش الثمار بمحلول نترات الكالسيوم ٢ ـ ٤ مرات وعلى فترات ١ ـ ٢ أسبوع قبل القطف أو شهريا ابتداء من منتصف حزيران الى شهر قبل الجني

القلب المائي Water Core

وهو أيضا من الاضرار الفسلجية التي تصيب التفاح وخاصة الصنف Winesap ،Delicious أعراض هذا الضرر هو ظهور بقع مائية في لب الثمرة وفي منتصف الحزم الوعائية.

اسباب حدوث الضرر :

أ ـ تعرض الثمار للجو الحار.
ب ـ خزن الثمار في جو قليل الرطوبة.
الوقاية :
أ ـ عزل الثمار المصابة خلال بيوت التعبئة واخراجها.
ب ـ عدم خزن الثمار المصابة لفترة طويلة.

اللفحة السطحية SuperFicial Scald

وهو من أهم الاضرار التي تصيب ثمار التفاح نتيجة تعريضها الى درجات حرارة مرتفعة قبل الحصاد أو خزن الثمار عند درجة حرارة اعلى من الدرجة المثلى لها وأعراض هذا الضرر هو اسمرار جلد الثمرة مما يجعلها غير صالحة للتسويق.

وللوقاية يفضل قطف الثمار عند اكتمال نموها وخزنها عند درجة حرارة منخفضة . كذلك تغليف الثمار بورق يحتوي على زيت معدني بنسبة ١٥ ٪ من وزنه أو استعمال بعض المركبات الكيمياوية مثل Diphenyl amine (DPA) حيث تغمر الثمار في محلول هذه المادة بتركيز ١٠٠٠ ـ ٢٠٠٠ جزء بالمليون ثم تخزن .

تبقع جوناثان Janathan spot

ويحدث هذا الضرر للثمار أثناء الشحن والخزن ويظهر على هيئة بقع تصيب جلد الثمار وتكون على نوعين احداهما تتكون في العديسات Lenticles والاخرى بين العديسات وتكون ذات لون اسود .

اسباب هذا الضرر هي القطف المبكر للثمار والخزن على درجات حرارة مرتفعة .

الوقاية من هذا الضرر :

أ ـ التبريد السريع للثمار .
ب ـ الخزن على درجة ٤.٤ م و ٥ ـ ١٠ ٪ CO_2 و و ٢ ٪ O_2
ج ـ خزن ثمار التفاح صنف Jonathan على درجة ٣٢ ف و ٢.٥ ـ ٥ ٪ Co_2 و ٣ ٪ O_2

القلب البني Brown Hean

وهو أحد الاضرار الناتجة من ارتفاع تركيز ثاني اوكسيد الكربون في جو المخزن ويشمل حوالي $\frac{1}{2}$ حجم الثمرة اما شكل الاصابة فتكون على هيئة لون بني في لحم الثمرة وتكون الانسجة المصابة مائية في المراحل الاولى ثم تصبح جافة بسبب فقدان الماء مكونة جيوبا فارغة في لب الثمرة .

يعتبر صنف التفاح Newtown من اكثر الاصناف حساسية لهذا الضرر حيث تحدث الاصابة في تركيز ٣ ٪ ثاني اوكسيد الكربون بينما الصنف Worcester يتحمل تركيز قدره ١٣ ٪ من ثاني اوكسيد الكربون

للوقاية من هذا الضرر يجب منع زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكاربون في جو المخزن ويتم ذلك بتهوية المخزن باستمرار .

القلب الاسود Black Heart

يحدث هذا الضرر عند نقصان تركيز الاوكسجين وارتفاع الحرارة في جو المخزن . فعند خزن درنات البطاطا على درجة حرارة ٢٧م نجد أن الدرنات الموجودة في وسط العبوات واسفلها لا يصلها الاوكسجين بكميات كافية فتصاب بهذا المرض . أما اعراضه . فهي وجود بقع سوداء في وسط الدرنة تمتد حتى تصل الطبقات الخارجية .

الوقاية :

١ ـ تعبئة المحاصيل بشكل يسمح بمرور الهواء .
٢ ـ المحافظة على تركيز الاوكسجين في جو المخزن .

اضرار الانجماد Freezing Injury

تحدث اضرار الانجماد بعد الجني بسبب خزن الحاصلات بدرجات حرارة أقل من درجة انجمادها . ويحدث الضرر نتيجة تكوين بلورات ثلجية في انسجة الثمرة أو المحصول مما يؤدي الى تمزق الاغشية الخلوية ثم تسرب محتويات الخلية الى الخارج بعد الذوبان . وتظهر أعراض الانجماد على شكل انهيار مائي أو بقع مائية (Lutz and Hardenburg, 1977)

ان المحاصيل تختلف في درجة حساسيتها لاضرار الانجماد (جدول ١٥) فقسم من الحاصلات قد يتجمد ثم يذوب عدة مرات دون حدوث أي ضرر . بينما القسم الأخر يتضرر بمجرد انجماد بسيط . عموماً ان درجة انجماد المحصول ليس لها علاقة بدرجة حساسيته لاضرار الانجماد فمثلاً ثمار الطماطة وجذور الجزر الأبيض (البري) تكون درجة انجمادهما متساوي (ـ ١،١ م) مع هذا نجد ان الجزر الابيض يمكن ان يتجمد ويذوب عدة مرات دون ان يحدث له أي ضرر بينما تتضرر الطماطة بشكل بشدة نتيجة تجمدها ولو لمرة واحدة

جدول (١٥) يبين درجة حساسية بعض انواع الفاكهة والخضر لاضرار الانجماد . (العاني ١٩٨٥) .

محاصيل شديدة الحساسية لأضرار الأنجماد	محاصيل متوسطة الحساسية لأضرار الأنجماد	محاصيل قليلة الحساسية لأضرار الأنجماد
الفاصوليا الخضراء	القرع الشتوي (العسلي)	كرنب بروكسل
الهليون (الأسبركس)	البصل الياباني	الشوندر
البطاطا الحلوة	البروكلي	اللهانة
القرع الصيفي (كوسة)	الجزر	الكلم
الخيار	القرنابيط	الكيل
الباذنجان	المعدنوس	الجزر الأبيض (البري)
الخس	الكرفس	الشلغم
الباميا	البزاليا	الثوم
الفلفل الحلو	الفجل	التمر
البطاطا	السبانخ	
الطماطة	التفاح	
البطيخ	الكمثرى	—
الموز	البرتقال	—
الليمون	الكريب فروت	—
الأفوكادو (الزبدية)	العنب	—
العشمش		
الخوخ		
الأجاص		
الشليك		

ان خطر الانجماد يزداد اذا كانت الحرارة المناسبة لخزن المحصول مقاربة لدرجة الصفر المئوي لانه في هذه الحالة سيتجمد المحصول لو انخفضت حرارة المخزن انخفاضا بسيطا بسبب أي خلل فني أو عدم انتظام توزيع البرودة في اجزاء المخزن .

بالرغم من تحمل قسم من الحاصلات لدرجة الانجماد الا انه من المستحسن تجنب الانجماد اثناء الخزن لأن الانجماد والذوبان يقصران عمر الثمار ويزيدان سرعة التلف . كما ان الثمار المعرضة للانجماد تقل قابليتها لمقاومة الأحياء المجهرية كما أنها تفقد صلابتها وتكون مواد ذات رائحة غير مستساغة .

(Smith, 1977)

ميكانيكية حدوث اضرار الانجماد

يمكن ايجاز كيفية حدوث ضرر الانجماد في الحاصلات البستانية كما يلي :

من المعروف ان درجة انجماد الماء تنخفض كلما زاد تركيز المواد الذائبة فيه وبما أن تركيز المواد الذائبة في الماء الموجود بين الخلايا (أي خارج الاغشية الخلوية) يكون أقل من أي جزء آخر من العصير الخلوي لذا سينجمد الماء الموجود في هذه الاجزاء .

ان انجماد الماء خارج الاغشية سيؤدي الى انخفاض ضغط بخار الماء خارج الاغشية وهذا سيجعل الماء يتحرك الى خارج الاغشية على شكل ماء نقي فينجمد خارج الغشاء الخلوي أي في المسافات البينية مكونا بلورات ثلجية تدفع محتويات الخلية بعيداً عن جدار الخلية وهذا يؤدي الى تقطيع القنوات الصغيرة Plasmodesmata التي تمر خلال جدار الخلية الى الخلايا المجاورة كي تربطها بعضها مع بعض وهذا يعني عرقلة انتقال المواد بين الخلايا مما يسبب اضراراً لها (Bleasdale 1977) . كذلك فأن نمو البلورات الثلجية الى حجم كبير سيؤدي الى تمزيق الاغشية الخلوية كون البلورات الثلجية ذات نهايات ابرية مدببة وهذا سيؤدي الى حدوث اضرار مستديمة غير قابلة للعلاج لأن محتويات الخلية ستتسرب الى الخارج .

ان كل ما سبق ينطبق على حالات الانجماد التدريجي الذي يحدث للحاصلات اثناء الخزن أما في حالات الانجماد السريع (الفجائي) فلا يوجد الوقت الكافي للماء كي ينتقل خارج الاغشية لذا فانه سينجمد في السايتوبلازم وفي هذه الحالة لا يوجد فرق بين الانواع المقاومة للانجماد والانواع الحساسة . لكن البلورات الثلجية المتكونة في هذه الحالة ستكون صغيرة لا تسبب تمزق الاغشية الخلوية كما في الانجماد البطيء .

تقسم الحاصلات البستانية الى ثلاثة مجاميع حسب حساسيتها لاضرار الانجماد وكما يلي :

١ ـ محاصيل شديدة الحساسية لضرر الانجماد

وهي المحاصيل التي لا تتحمل التجميد وتتضرر بشدة حتى لو انجمدت مرة واحدة مثل الموز . المشمش . الخيار والطماطة وسبب الضرر هو نمو البلورات الثلجية داخل السايتوبلازم وليس بين الخلايا وهذا يؤدي الى تمزيق الاغشية الخلوية وموت الخلايا .

٢ ـ محاصيل متوسطة الحساسية لضرر الانجماد :

وهي المحاصيل التي تتحمل الانجماد البسيط لمرة أو مرتين دون أي ضرر لأن الخلايا تعود الى حالتها الطبيعية بعد زوال الانجماد مثل التفاح والعنب والكمثرى واللهانة والبصل . ويرجع السبب في ذلك الى أن المسافات البينية صغيرة لا تسمح بنمو البلورات الثلجية مما يؤدي الى اندفاع محتويات الخلية بعيداً عن الجدار الخلوي وتقطع القنوات الرابطة بين الخلايا ما يعيق انتقال المواد بينها .

٣ ـ محاصيل قليلة الحساسية لاضرار الانجماد

وهي المحاصيل التي تتحمل الانجماد عدة مرات ولكن في مدد قصيرة مثل البنجر والتمر واللفت ويعود سبب مقاومتها للانجماد الى وجود فراغات في انسجتها ممكن ان تنمو فيها البلورات الثلجية الى حجم كبير دون ان تسبب ضرراً لبقية الانسجة وتدعى هذه الفراغات Glacons اضافة الى ذلك فان جدران الخلايا في هذه الانواع من المحاصيل تكون مرنة بحيث يمكن ان تنكمش مع انكماش السايتوبلازم فتسمح بنمو البلورات الثلجية دون تقطيع القنوات الرابطة بين الخلايا .(Bleasedal, 1977)

الاجراءات الواجب اتباعها عند حدوث الانجماد

١ ـ عدم اجراء اي عملية من عمليات التداول الى ان يزول الانجماد .
٢ ـ رفع درجة حرارة المخزن بشكل تدريجي وهذا يؤدي الى ذوبان البلورات الثلجية ببطء مما يسمح للاغشية الخلوية بامتصاص الماء ثانية فيعود سايتوبلازم الخلايا الى حالته الطبيعية وتزول اضرار الانجماد .

٣ ـ عدم رفع درجة الحرارة بشكل مفاجيء لان ذلك سيؤدي الى تلف الخلايا وتحللها والسبب هو ان الماء الناتج من الذوبان السريع للبلورات الثلجية يكون اكثر من استيعاب الاغشية الخلوية فيتسرب خارج الخلايا ويسيل خارج الثمرة وبذا تصبح الثمار ذات قوام مائي ولا تصلح للتسويق .

اضرار الاثلين

ان زيادة تركيز الاثلين في جو المخزن يؤدي الى حدوث العديد من الاضرار الفسلجية ومن اهمها : ـ

١ ـ زيادة طراوة الثمار او فقدان صلابتها أثناء الخزن Kader, 1978

٢ ـ تكوين بقع بنية في رؤوس الخس تشبه الصدأ تسمى (Russet spoting) على حوامل الاوراق Ryall and Lipton, 1979

٣ ـ تكوين الطعم المر في الجزر نتيجة تكون مادة سامة من نوع (Coumarin)

٤ ـ تراكم مادة سامة في فرون البزاليا الخضراء تدعى Pisatin (Hultin and Milner, 1978)

٥ ـ اصفرار وتدهور المحاصيل الورقية لانه يساعد زيادة تركيز انزيم الكلوروفيليز الذي يحلل الصبغة الخضراء .

٦ ـ تحلل وفقدان الاحماض النووية والبروتين خاصة في المحاصيل الورقية .

٧ ـ يمنع تفتح الازهار الصغيرة اضافة الى زوال لون البتلات والتفافها خاصة ازهار القرنفل

٨ ـ شحوب لون بتلات الروز (الورد) ثم تساقطها .

٩ ـ

الوقاية من غاز الاثلين : ـ

١ ـ رش الاوكسينات والسايتوكانينات على الخضراوات قبل الجني لمنع تأثير الاثلين .

٢ ـ تهوية المخازن للتخلص من غاز الاثلين ومنع تراكمه .

٣ ـ تجنب استعمال مكائن الاحتراق الداخلي في المخازن المبردة .

٤ ـ عند شحن المحاصيل يجب عزل المحاصيل المنتجة للاثلين عن المحاصيل

الحشائش وذلك باستخدام اغطية او حواجز بلاستيكية او التعبئة بصناديق مبطنة بالبلاستيك.

٥ ـ استخدام مواد تعمل امتصاص الاثلين مثل برمنكنات البوتاسيوم المخلوطة مع الفرميكيولايت Vermiculite او مادة السلكاجيل Silicagel المشبعة بمحلول برمنكنات البوتاسيوم.

الفصل الحادي عشر

أسباب تدهور الحاصلات البستانية بعد الجني

ان محاصيل الفواكه والخضر تعتبر عن المواد الغذائية السريعة التلف لذلك فان مقدار الفقد بعد الجني يعتبر عاليا جدا. ومن الخطأ تجاهل أهمية الفواكه والخضر كونها تعتبر غذاء أساسيا للانسان لانها توفر السعرات الحرارية والفيتامينات والعناصر المعدنية. مثل الخضروات الدرنية كالبطاطا الاعتيادية والبطاطا الحلوة التي تعتبر من مصادر الغذاء الرئيسية في العالم.

من أهم أسباب تدهور الفواكه والخضر بعد الجني هو الفقد بالوزن، التفسخ، الضرر الميكانيكي، عبور الثمار مرحلة النضج المهائي Over ripening. إن تدهور الحاصل بعد الجني يقلل من كمية الحاصل الذي يصل الى المستهلك ويزيد من أسعار المستهلك منه لذلك وجب تقليل فقدان الحاصل بعد الجني لتوفير المزيد من الغذاء. والجدول «١٦» يوضح نسبة التلف لبعض الانواع التجارية من الفاكهة والخضر.

أسباب تدهور الحاصلات البستانية بعد الجني :-

إن هناك مجموعتين رئيسيتين لأسباب التلف هما :-

جدول (١٦) يوضح نسبة التلف لمحاصيل الفواكه والخضر المنتجة في الدول النامية حسب احصائيه منظمة الغذاء الدولية (FAO, 1981)

النوع	مقدار الانتاج السنوي (مقدار بـ ١٠٠٠ طن)	نسبة التلف التقريبية (٪)
١ ـ المحاصيل الجذرية والدرنية.		
البطاطة الاعتيادية	٢٦٩٠٩	٥ ـ ٤٠
البطاطة الحلوة	١٧٦٣٠	٣٥ ـ ٩٥
الجزر	٥٥٧	٤٤
٢ ـ محاصيل الخضر		
البصل	٦٤٧٤	١٦ ـ ٣٥
الطماطة	١٣٧٥٥	٥ ـ ٥٠
اللهانة	٣٠٣٦	٣٧
القرنابيط	٩١٦	٤٩
الخس		٦٢
٣ ـ محاصيل الفاكهة		
الموز	٣٦٨٩٨	٣٠ ـ ٨٠
الحمضيات	٣٢٠٤٠	٢٠ ـ ٩٥
العنب	١٢٧٣٠	٣٧
التفاح	٣٦٧٧	١٤
البابايا Papaya	٩٣١	٤٠ ـ ١٠٠
الافوكادو Avocado	١٠٢٠	١٢
الخوخ الاملس	١٨٣١	٢٨

أولاً ـ أسباب مباشرة للتلف وتضم : ـ

١ ـ الاسباب البايولوجية : ـ Biological

وأهمها الحشرات التي تهاجم الحاصلات البستانية فتسبب التلف بعد الجني

أضافة الى فقدان القيمة النوعية لما تتركه الحشرات من أوساخ وتشوهات على الثمار بالأضافة الى الحشرات هناك الطيور والقوارض التي تستهلك الفواكه والحصر وتقلل من توفرها للاستهلاك البشري.

٢ ـ الاحياء المجهرية :ـ

تعتبر الفطريات والبكتريا من أهم الاحياء المجهرية المسببة للتلف حيث تؤدي الى تلف الثمار وتعفنها بسرعة إضافة الى إفرازها لمواد سامة تسمى Mycotoxins والتي تسبب العديد من الامراض للمستهلك « العاني ١٩٨٥ ».

٣ ـ الاضرار الميكانيكية :ـ

وتشمل هذه الاضرار الجروح والرضوض والقطع وغيرها. وهذه تساعد الاحياء المجهرية على دخول الثمار.

٤ ـ الفقد بالوزن :

إن فقدان الرطوبة من المحاصيل يؤدي الى ذبولها وتجعدها وتيبس قشرتها وتلفها والفقد بالرطوبة يحدث نتيجة ارتفاع الحرارة التي تؤدي الى ارتفاع سرعة التنفس وزيادة النتح.

ثانياً ـ أسباب غير مباشرة للتلف وتشمل :ـ

١ ـ عدم جني المحصول في موعده المناسب.
٢ ـ عدم توفر العبوات المناسبة لشحن وخزن وتداول الحاصلات.
٣ ـ قلة الخبرة الفنية لجني وفرز وتعبئة الثمار بشكل صحيح.
٤ ـ عدم استخدام وسائط النقل المبردة لشحن المحصول من الحقل الى السوق.
٥ ـ قلة مخازن التبريد.

مراحل تلف الثمار بعد الجني :ـ

مكن تقسيم مراحل التلف الى ما يلي :ـ

١ ـ **التلف وقت الجني** : ـ وهي عمليات الفقد التي تحصل أثناء قطف الثمار كبقاء قسم من المحصول على النبات أو تساقط الثمار على الارض تحت الاشجار وتلفها أو حدوث الاضرار الميكانيكية أثناء قلع الدرنات والابصال أو أثناء هز الاشجار

٢ ـ **التلف اثناء الغرز والتدريج والتعبئة** : ـ ان بقاء المحصول في بيوت التعبئة في ارض الحقل بانتظار عمليات الغرز والتدريج يساعد على حدوث عفن وكأنتشار الاحياء .

٣ ـ **التلف اثناء التصنيع** : ـ ان بقاء الثمار في معامل التصنيع بانتظار تصنيعها يؤدي الى تلفها اضافة الى ذلك الفقدان في المحصول الذي تسببه عمليات التصنيع مثل التقشير او التقطيع .

٤ ـ **التلف اثناء الخزن** : ـ ان عدم انتظام الخزن او سوء خزن الثمار او خزن الثمار لطول من المدة المحددة للانواع يسبب تلفها

٥ ـ **التلف اثناء الشحن** : ـ وهذا يحدث اثناء الشحن عند عدم تنظيم تعبئة الثمار في العبوات المخصصة للشحن او عدم رصف العبوات بصورة جيدة او تكديس المحصول بدون عبوات ويكون التلف اثناء الشحن على شكل اضرار ميكانيكية كالرضوض .

ان عدم السيطرة على أسباب التلف تؤدي الى فقدان معظم الحاصل فيسبب خسائر اقتصادية كبيرة . فمثلاً أهم أسباب تلف البصل التزريع او نمو الاوراق والجذور بعد الجني حيث تصل نسبة التلف بسبب التزريع الى ٣٥ ٪ من الحاصل الكلي . كذلك الحال بالنسبة لمحصول البطاطا حيث تصل نسبة التلف بسبب التزريع الى (١٠ ٪) اما في الطماطة فان التلف يعود الى حتى الثمار بعد عبور مرحلة النضج اذ تصل نسبة التلف الى ٢٠ ٪ . كما أن التفسخ الناتج عن انتشار الاحياء المجهرية كالفطريات والبكتريا التي تصيب الثمار بعد الجني يعتبر من أسباب التلف الهامة . اذ قد تصل نسبة التلف في البصل الابيض الى ٧٨ ٪ بعد ١٥٠ يوم من الخزن . وفي الطماطة تصل الى ٤٠ ٪ خلال ٤ أيام من الخزن .

الاضرار الميكانيكية

تعتبر الاضرار الميكانيكية من اسباب تدهور الثمار المخزونة وان عدم الاعتناء بالحاصلات البستانية قبل وبعد الجني يؤدي الى حدوث الرضوض الشقوق في الثمار مما يجعلها عرضة لمهاجمة الاحياء المجهرية خارج او داخل المخازن . لذا لابد من تطبيق طرق الجني المتطورة لتقليل نسبة هذه الاضرار .

ان الثمار تمتلك مقاومة طبيعية للتفسخ او التلف ولكن حدوث اي جرح اورض للثمرة يساعد على دخول الاحياء المجهرية وزيادة سرعة التلف لذا يجب العناية بعمليات الجني وتجنب هز الاشجار او ضرب الاغصان بالعصي لان ذلك سيؤدي الى رض الثمار . اما عند الخزن وخاصة لفترة طويلة فيجب تجنب رض الثمار لان الثمار المبردة تكون اكثر تأثراً بالرض من الثمار الدافئة فمثلا ثمار الفاكهة ذات النواة الحجرية تكون حساسة للاضرار الميكانيكية فتظهر الانسجة المصابة وكأنها مشبعة بالماء او زجاجية المظهر بعد ذلك تتحول الى لون بني مسمر عديم الطعم . كما ان رض الثمار الكرز الحامض يعرضها الى مرض اللفحة **Scald** الذي يسبب فقدان اللون الاحمر ويقلل من قيمتها التصنيعية .

ويمكن تقسيم الاضرار الميكانيكية الى :-

١ - اضرار ناتجة عن عمليات القطف وجمع الحاصل .
٢ - اضرار ناتجة عن عمليات الفرز او التدريج .
٣ - اضرار ناتجة عن عمليات التعبئة .
٤ - اضرار ناتجة عن الشحن والنقل .

أضرار الفقد بالوزن بعد القطف

سبق ان ذكرنا في بداية الفصل أن الفقد في الوزن يعتبر من الاسباب الرئيسية للتلف لان تبخر الماء من المحصول بعد القطف لا يعني الفقد بالوزن فحسب وانما يؤدي الى فقدان المظهر الجذاب للمحصول وذبوله وانخفاض القيمة النوعية والغذائية والتسويقية . ويمكن تلخيص اضرار الفقد بالوزن بعد الجني بما يلي :-

١ - **الذبول :** - إن فقدان الوزن بعد الجني يؤدي الى ذبول الحاصلات البستانية

وعند تقدم مراحل الذبول فان قشرة الثمار تتجعد وتصبح غير صالحة للتسويق . اما مراحل الفقد بالوزن فتكون كما يلي : ـ

Turged ------> Wlited --------> Shrivelled -----> Wrinkled
منتفخة ←—— ذابلة كثيراً ←—— ذابلة قليلاً ←—— طازجة

٢ ـ **الخسارة الاقتصادية** : ـ إن فقد الرطوبة من الثمار يعني الفقد في الوزن الكلي للثمار فمثلاً اذا كانت كمية المحصول المخزونة (٢٠) طناً ووصلت نسبة الفقد بالوزن ١٠ ٪ فهذا يعني فقدان طنين من الحاصل واذا كان سعر الطن الواحد من الحاصل (٢٠٠) دينار فهذا يعني خسارة « ٤٠٠ » دينار نتيجة لفقدان طنين من المحصول .

٣ ـ **انخفاض القيمة الغذائية للمحصول** : ـ لقد وجد ان الذبول يؤدي الى فقدان فيتامين C وانخفاض نسبة الكاروتين في اللهانة ((Hruschka, 1977)) كما أن الذبول يؤدي الى زيادة سرعة التنفس في ثمار التفاح والشليك مما يؤدي الى تقليل محتوى الثمار عن السكريات .

٤ ـ **زيادة قابلية الثمار للاصابة بالامراض الفطرية والبكتيرية** : ـ ان الذبول يؤدي الى تقليل مقاومة انسجة الثمار لنمو وانتشار الاحياء المجهرية المسببة للامراض .

٥ ـ **زيادة حساسية الثمار للاضرار الفسلجية** : ـ ان فقدان الرطوبة يؤدي الى اصفرار الخضر الورقية نتيجة تحلل الكلوروفيل كما ان فقدان الرطوبة يؤدي الى زيادة سرعة النضج . فقد وجد ان خزن التفاح بدرجة (صفر) ورطوبة ٦٥ ٪ ينضج اسرع من التفاح المخزن برطوبة ٨٠ ٪ او ٩٨ ٪ وفي نفس درجة الحرارة (صفر) .

العوامل التي تؤثر على سرعة الفقد بالوزن

تعتمد سرعة الفقد في وزن الحاصلات بعد القطف على مجموعتين من العوامل الرئيسية هما : ـ

اولاً ـ نوع المحصول
ثانياً ـ الظروف المحيطة بالمحصول بعد القطف

نوع المحصول

تختلف الحاصلات البستانية بعضها عن بعض في سرعة فقدها للرطوبة وسرعة النتح والتنفس وان هذه الاختلافات تعود لاسباب عديدة اهمها :ـ

١ ـ سمك وطبيعة طبقة الكيوتيكل :ـ Cuticle

تختلف ثمار الفاكهة والخضر بعضها عن بعض في سمك الكيوتكل ووجود او عدم وجود المواد الشمعية على سطح الثمار . فكلما زاد سمك طبقة الكيوتكل قلت سرعة النتح كذلك فان وجود المواد الشمعية على سطح الثمار يقلل او يمنع التبخر لكونها مواد غير منفذة للماء فمثلا ثمار الشليك تفقد من وزنها في يومين ما يعادل الفقد في الكمثرى خلال ٢٠ يوما تحت نفس الظروف وسبب ذلك هو وجود الطبقة الشمعية في الكمثرى وعدم وجودها في ثمار الشليك . يضاف الى ذلك كون ثمار الشليك صغيرة الحجم مما يزيد من نسبة المساحة السطحية الى الوزن ويؤدي الى زيادة التبخر . كذلك المحاصيل الجذرية مثل الجزر فان نسبة الفقد فيها تكون اكثر من المحاصيل الثمرية لعدم وجود الطبقة الشمعية . ان الفقد الذي يحدث في الثمار التي تحتوي على المواد الشمعية يتم عن طريقة ندبة الساق ـ محل اتصال الثمرة بالنبات ـ كما في ثمار الطماطة حيث وجد ان ٦٠ ٪ من مجموع الفقد بالوزن يتم عن هذه المنطقة .

٢ ـ عدد الثغور :ـ Stomata

الثغور عبارة عن فتحات طبيعية توجد على سطح الثمار والاوراق وعن طريقها يتم التبادل الغازي والتبخر . لذا نجد ان سرعة التبخر تتناسب طرديا مع عدد وحجم الثغور في مساحة معينة من سطح الثمرة وهذا يفسر سبب ذبول المحاصيل الورقية اسرع من المحاصيل الثمرية .

٣ ـ العديسات : ـ Lenticel

وهي عبارة عن فتحات طبيعية يتم من خلالها فقدان الماء ويزداد الفقد بزيادة عددها فنجد ان فقدان الوزن في درنات البطاطا يتم بالدرجة الرئيسية عن طريق العديسات.

٤ ـ الشعيرات : ـ

بعض الثمار تحتوي على شعيرات في قشرتها كما في ثمار الحوح الصوفي او السفرجل . هذه الشعيرات تعمل لتقليل سرعة النتح لكونها تقلل من سرعة حركة الهواء فتساعد على وجود طبقة من الهواء المشبع ببخار الماء حول الثغور والعديسات مما يقلل من سرعة التبخر .

٥ ـ حجم الثمار : ـ

ان الاختلاف في حجم الثمار يؤثر على نسبة الفقد في الوزن من خلال نسبة المساحة السطحية الى الوزن . فكلما زاد حجم الثمار قلت نسبة المساحة السطحية الى الوزن لذا نجد ان مقدار الفقد يزداد بزيادة المساحة السطحية فالثمار الصغيرة تفقد من وزنها اكثر مما تفقده الثمار الكبيرة كما ان التبادل الغازي وحركة بخار الماء فيها اسرع من الثمار الكبيرة . كما هو الحال عند مقارنة ثمار الكرز وثمار التفاح تحت نفس الظروف .

٦ ـ مرحلة النمو : ـ

تعير الثمار غير البالغة بكونها غير صالحة للخزن بسبب سرعة التبخر والنتح فيها كون هذه الثمار ليست لها القدرة على إفراز الطبقة الشمعية على القشرة بعكس الثمار البالغة((Mature))التي لها القابلية على افراز وتكوين طبقة شمعية على قشرة الثمار ويستمر افراز هذه الطبقة الشمعية حتى بعد جنيها أو خزنها .

٧ ـ التركيب الكيمياوي : ـ

بشكل عام كلما زاد المحتوى المائي للثمرة كانت نسبة الفقد في رطوبة الثمرة أكبر . وأن وجود المواد الذائبة في المحتوى المائي للثمرة يقلل من قابلية الماء على

البخر لانها تقلل من ضغط بخار الماء. فكلما زادت نسبة المواد الصلبة الذائبة في عصير الثمار قل الفقد بالوزن.

٨ ـ التركيب المورفولوجي :ـ

ويعتبر من أهم أسباب الاختلاف بين أنواع المحاصيل في مقدار فقدها للرطوبة. فالمحاصيل البستانية تشمل الثمار مثل التفاح والخوخ والعنب وتشمل الأوراق مثل الخس واللهانة والسلق وتضم الازهار مثل القرنابيط والجذور مثل الجزر والبنجر والسيقان مثل البطاطا.

إن الاختلاف في التركيب المورفولوجي لهذه المحاصيل يجعلها تختلف فيما بينها في نسبة فقدها للرطوبة فمثلا نجد أن المحاصيل الورقية تفقد الرطوبة أسرع من المحاصيل الجذرية وهذه تفقد أكثر من المحاصيل الثمرية.

إن محاصيل الخضر تتعرض للذبول بعد فقدان ٥ ٪ من وزنها لكنها تبقى صالحة للتسويق حتى اذا فقدت ١٠ ٪ من وزنها كما في الخس واللهانة على شرط ازالة الاوراق الخارجية الذابلة. أما المحاصيل الثمرية مثل التفاح فتذبل وتصبح غيرصالحة للتسويق اذا فقدت ٥ ـ ٨ ٪ من وزنها (Ruyall and peutger, 1977) والجدول ٢٧ يبين نسبة الفقد في وزن بعض أنواع الفاكهة والخضر خلال فترات زمنية مختلفة.

الظروف المحيطة بالمحصول بعد الحصاد

تؤدي الظروف الخارجية المحيطة بالمحصول دورا هاما في تأثيرها على نسبة الفقد في وزن الحاصلات البستانية وأهم هذه الظروف

١ ـ الحرارة Temperature

تعتبر درجة الحرارة من العوامل الرئيسة التي تؤثر على نسبة الفقد في وزن الحاصلات البستانية فكلما ارتفعت درجة الحرارة زاد الفقد في وزن الثمار وزادت سرعة النمو في الاجزاء المجهرية وسرعة التفاعلات الحيوية والفسلجية المسببة للتلف.

جدول (٧٧) يوضح نسبة الفقد بالوزن لبعض انواع الفاكهة والخضر بعد فترات زمنية مختلفة عند درجة حرارة ٢٤ م ورطوبة ٢٥ ٪ . (العاني ، ١٩٨٥)

النوع او الصنف	نسبة الفقد بالوزن (٪) خلال الفترة التالية		
١ ـ التفاح	أسبوع واحد	أسبوعين	ثلاثة أسابيع
أ ـ الصنف Golden Delicious	٤,٧	٩,٤	١٣,٧
ب ـ الصنف Janathan	٥,٣	٨,٩	١١,٩
جـ ـ الصنف McIntosh	٤,٦	٧,٥	١٠,٤
د ـ الصنف Red Delicious	٣,٦	٥,٢	٧,٢
هـ ـ معدل الاصناف الاربعة بدرجة ٢٤ م ورطوبة ٢٥ ٪	٤,٨	٧,٨	١٠,٠
١ ـ التفاح ـ تابع	اربعة أسابيع	ثمانية أسابيع	١٢ أسبوع
و ـ معدل الاصناف الاربعة بدرجة صفر ورطوبة ٩٥ ٪	٣,٨	٥,٤	٦,٧
٢ ـ الكنتارين	بعد ١٠ أيام	بعد ٢٠ ايام	بعد ١٥ يوم
أ ـ صنف Regal Grand	١١,٦	١٦,٩	٢٠,٨
٣ ـ الخوخ	بعد يوم واحد	بعد سبعة أيام	بعد عشرة ايام
أ ـ معدل خمسة اصناف بدرجة ٢٤ م ورطوبة ٢٥ ٪	٣,٥	١٩,٩	٢٧,٥
١ ـ الكمثرى	بعد اسبوع واحد	بعد اسبوعين	بعد ثلاثة اسابيع
أ ـ معدل ثلاثة اصناف بدرجة	٧,٥	٩,٨	ـ
ب ـ معدل ثلاثة اصناف من الكمثرى	بعد اسبوع واحد	بعد اربع اسابيع	بعد ١٢ أسبوع
بدرجة صفر (°) ورطوبة ٩٥ ٪	٢,٤	٤,٣	٨,١

تابع جدول (٧)

٥ ـ الكاكي	بعد ثلاثة أيام	بعد سبعة أيام	بعد ٢١ يوم
أ ـ الصنف American (Wild)	٥,٩	١٣,٠	ـ
ب ـ الصنف Japanese	٢,٣	٦,٢	١٦,٥
٦ ـ الفاصوليا الخضراء	**بعد نصف يوم**	**بعد يومين**	**بعد خمسة أيام**
أ ـ صنف Golden Wax	١١,٨	٢٥,٠	٥٨,٦
ب ـ صنف Cherokee Wax	١١,٩	٢٠,٢	٤٩,٨
جـ ـ صنف Bountiful	١١,٢	٢٦,٢	٤٩,١
د ـ صنف Harvester (Greenpencil)	١٠,٢	٢٥,٢	٤٢,٣
هـ ـ معدل الاصناف الأربعة أعلاه	١١,٨	٢٩,٢	٥١,١
٧ ـ اللبانة	**بعد يوم واحد**	**بعد ٧ أيام**	**بعد ١٤ يوم**
أ ـ صنف Copenhagen الرئوس Market	٢,٣	١١,٠	١٣,٩
ب ـ صنف (الاوراق) Copenhagen Market	٢,٠	٥,٣	٨٣,٩
٨ ـ الفلفل الاخضر (الحلو)	**بعد يوم واحد**	**بعد ٣ أيام**	**بعد ٧ أيام**
أ ـ صنف California Wonder	٢,٦	٧,٥	١٥,١
٩ ـ القرع الصيفي	**بعد يوم واحد**	**بعد ٢ أيام**	**بعد ١٠ يوم**
أ ـ صنف Yellow Crook Neck	٦,١	١١,٥	٢٥,٨
١٠ ـ الطماطة الناضجة	**بعد يوم واحد**	**بعد ٦ أيام**	**بعد ١١ يوم**
أ ـ صنف Walter	١,٦	٣,٤	٦,٨

ان ارتفاع درجة حرارة هواء المخزن يعني زيادة واضحة على حمل كميات اكبر من بخار الماء أي زيادة سرعة التبخر من المحصول المخزون . من هنا تتضح اهمية تخفيض حرارة المحصول بعد الحصاد الى حرارة المخزن باسرع وقت وذلك باستعمال طرق التبريد السطحي أو الفجائي .

٢ ـ حركة الهواء داخل المخزن Air movement

ان حركة الهواء ضرورية لازالة حرارة الحقل والحرارة الحيوية حيث يؤدي الهواء الى أزالة الطبقة المشبعة ببخار الماء المحيط بالثغور والعديسات مما يزيد من سرعة التبخر من هذه الفتحات .

ان زوال هذه الطبقة من بخار الماء يؤدي الى زيادة مقدار الفرق في ضغط بخار الماء بين الهواء والمسافات البينية للثمرة فيزيد من سرعة التبخر لذا يجب تقليل سرعة حركة الهواء بعد تبريد المحصول الى المقدار الذي يكفي لازالة الحرارة الحيوية الناتجة من المحصول أثناء الخزن . وعلى العكس اذا كانت حركة الهواء في المخزن قليلة أو بطيئة جدا فهذا يعني تراكم أو تجمع الحرارة الحيوية في وسط صناديق أو عبوات الخزن مما يساعد على زيادة نسبة التلف .

ان سرعة الهواء المفضلة أثناء الخزن هي ٣٠ قدما / دقيقة لانها كافية لتوزيع البرودة في كافة انحاء المخزن وازالة الحرارة الحيوية (Mitchel, aal (1921) ان الجدول (٦٨) يبين أثر سرعة الهواء على مقدار الفقد بالوزن ويشير الى أن مضاعفة سرعة الهواء تؤدي الى مضاعفة نسبة الفقد في الوزن وأن رفع نسبة الرطوبة وتخفيض الحرارة داخل المخزن يؤدي الى تقليل نسبة الفقد .

يجب ان تكون حركة الهواء منتظمة في جميع أجزاء المخزن ويتم ذلك بتنظيم مواقع مراوح الهواء وفتوات الهواء البارد وكذلك تنظيم وضع صفوف العبوات بحيث تسمح بحرية حركة الهواء في جميع الاتجاهات Ruyall and Lipton 1979

لقد وجد أن الثمار المعبأة بصورة جيدة وغير المرصوصة داخل الصناديق يكون فيها فرق بين درجة حرارتها ودرجة حرارة هواء المخزن بمقدار (ـ ١٧،٤) ـ (ـ ١٧،٢) م درجة فهرنهايتية أما الثمار المرصوصة النعشة فان الفرق بين درجة حرارتها وحرارة هواء المخزن [ـ ١٦،٣]م درجة فهرنهايتية

جدول (١٨) يبين تأثير درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وحركة الهواء داخل المخزن على نسبة الفقد في الوزن لثلاثة انواع من الثمار أثناء التخزن المبرد (العاني ، ١٩٨٥) .

النوع	درجة الحرارة	حركة الهواء	الرطوبة النسبية	نسبة الفقد من وزن الثمار الاصلي خلال المدة المبينة			
	(ف)	عدد مرات التغير في الساعة	(٪)	٣٠ يوم	٦٠ يوم	٩٠ يوم	١٢٠ يوم
الكمثرى	٣٢	٣ ـ ١	٦٥	٢,٩	٥,٨	٧,٣	١٠,٧
الكمثرى	٣٢	٣ ـ ١	٨٠	٢,٥	٤,٨	٦,٥	٨,٣
الكمثرى	٣٢	٣ ـ ١	٩٨	٢,٠	٣,٥	٤,٦	٥,٥
الكمثرى	٤٠	١	٦٥	٥,٦	٩,٨	١٤,٠	١٨,٧
الكمثرى	٤٠	١	٨٠	٣,٥	٦,٣	٨,٥	١١,٣
الكمثرى	٤٠	١	٩٨	٢,٦	٤,٣	٥,٠	٦,٤
الكمثرى	٤٠	٩ ـ ٨	٦٥	٨,٤	١٥,٥	٢٢,٥	٢٩,٣
الكمثرى	٤٠	٩ ـ ٨	٨٠	٥,٢	٩,٥	١٣,٨	١٨,٣
الكمثرى	٤٠	٩ ـ ٨	٩٨	٣,٠	٥,٥	٨,٠	٧,٨
التفاح	٣٩	١	٦٥	٢,٥	٤,٥	٦,٩	٩,٣
التفاح	٣٩	١	٧٥	٣,١	٥,٠	٦,٠	٨,٣
التفاح	٣٩	١	١٠٠	١,٢	١,٨	٢,٦	—
				٣ يوم	٦ يوم	٩ يوم	١٢ يوم
الشليك	٣٢	١	٦٥	٤,٧	٧,٣	١٢,٤	١٥,٠
الشليك	٣٢	١	٨٠	٤,٣	٧,٠	١١,٦	١٣,٣
الشليك	٣٢	١	٩٨	٤,٤	٦,٨	١١,٣	١٤,٠
الشليك	٣٣	٩	٦٥	٤,٧	٨,٤	١٥,٧	٢٠
الشليك	٣٣	٩	٨٠	٤,٤	٦,٣	١١,٤	١٣,٨
الشليك	٣٣	٩	٩٨	٤,٢	٦,٦	١١,٣	١٣,٩

٣ ـ الرطوبة النسبية : ـ Relative Humidity

وهي نسبة تشبع الهواء المحيط بالثمار ببخار الماء بدرجة حرارة معينة ان مقدار الفقد بالوزن يزداد بزيادة الحرارة ونقصان نسبة الرطوبة ويكون التبخر على اقل ما يمكن عندما تكون الرطوبة في المخزن ١٠٠ ٪ ولكن بلوغ هذه النسبة من الرطوبة في هواء المخزن صعب وربما يشجع على نمو وانتشار الاحياء المجهرية

كما ان ارتفاع الرطوبة الذي يصحبه تباين في درجة حرارة المخزن يؤدي الى تكاثف الماء على سطح الثمار وهذا يشجع على انبات سبورات الاحياء المجهرية المسببة لامراض التفسخ

٤ ـ ضغط بخار الماء Vapor Pressure

تزداد سرعة تبخر الماء كلما زاد الفرق في ضغط بخار الماء بين الثمار والهواء المحيط بها وتسمى هذه العلاقة Vapor pressure Deficit (VPD) . ان بخار الماء ينتقل من مناطق الضغط العالي الى الضغط الواطيء ويتوقف التبخر عندما يكون مقدار الفرق في ضغط بخار الماء بين الثمار والجو المحيط بها مساويا للصفر . ان درجة الحرارة تؤدي دورا هاما في عملية التبخر حيث ان ارتفاعها يزيد من ضغط بخار الماء للثمار وسرعة التبخر كذلك الحال بالنسبة للرطوبة فكلما زادت الرطوبة في جو المخزن قلت سرعة التبخر
(جدول ١٩) .

ولتقليل نسبة التبخر لابد من مقدار الفرق في ضغط بخار الماء بين الثمار والهواء المحيط بها فكلما كان الفرق قليلا قلت سرعة التبخر والعكس صحيح ولتوضيح ذلك نأخذ المثال : ـ

تم جني محصول معين وترك قسم منه في حقل حرارته ٢١ ، ١ م° ٧٠ ف° ورطوبة ٥٠ ٪ ونقل القسم الاخر الى مخزن درجة حرارته صفر م° ٣٢ف° والرطوبة ١٠٠ ٪ اما القسم الثالث من المحصول فقد ازيلت منه حرارة الحقل بأحدى طرق التبريد السريع بحيث اصبحت حرارته مساوية لحرارة المخزن (صفر م° ٣٢ف°) فعي اي الحالات الثلاث يكون فقدان الوزن اقل ؟

يمكن الاجابة على ذلك كما يلي : ـ

جدول (١٩) يبين تأثير درجة الحرارة ونسبة الرطوبة على ضغط بخار الماء وعلى مقدار الفرق في ضغط بخار الماء (العاني، 1989) .

درجة الحرارة	نسبة الرطوبة	ضغط بخار الماء (ملم زئبق)	الفرق في ضغط بخار الماء (ملم زئبق)
٢٠ ف	١٠٠	٩,٥٨	صفر
(صفر مئوي)	٩٠	٨,٦٢	٠,٩٦
	٧٠	٦,٧١	١,٣٧
	٥٠	٧,٢٩	٢,٢٩
٣٥ ف	١٠٠	٥,٢٧	صفر
(٢,٢ م)	٩٠	٤,٨٣	٠,٥٤
	٧٠	٣,٧٦	١,٥١
	٥٠	٢,٦٨٨	٢,٦٩
٤٠ ف	١٠٠	٦,٢٧	صفر
(٤,٤ م)	٩٠	٥,٦٤	٠,٦٣
	٧٠	٤,٣٩	١,٨٨
	٥٠	٣,١٣	٣,١٤
٥٠ ف	١٠٠	٩,٢١	صفر
(١٠ م)	٩٠	٨,٢٩	٠,٩٢
	٧٠	٦,٤٤	٢,٧٦
	٥٠	٤,٦٠	٤,٦٢
٧٠ ف	١٠٠	١٨,٧٦	صفر
(٢١,١ م)	٩٠	١٦,٨٨	١,٨٨
	٧٠	١٣,٠٣	٥,٧٣
	٥٠	٩,٣٨	٩,٣٨
٧٧ ف	١٠٠	٢٣,٧٦	صفر
(٢٥ م)	٩٠	٢١,٣٨	٢,٣٨
	٧٠	١٦,٤٣	٧,٣٣
	٥٠	١١,٨٨	١١,٨٨

درجة الحرارة	نسبة الرطوبة ٪	ضغط بخار الماء (ملم زئبق)
حرارة المحصول ٧٠° ف ٢١,١° م	١٠٠	١٨,٧٦
حرارة الحقل ٧٠° ف ٢١,١° م	٥٠	٩,٣٨

إن مقدار الفرق في ضغط بخار الماء هو ٩,٣٨ ملم زئبق .

أما الحالة الثانية وهي نقل المحصول الى مخزن حرارته ٣٢° ف صفر° م ورطوبة ١٠٠ ٪ فيكون الفرق في ضغط بخار الماء كما يلي : ـ

درجة الحرارة	نسبة الرطوبة ٪	ضغط بخار الماء (ملم زئبق)
حرارة المحصول ٧٠° ف ٢١,١° م	١٠٠	١٨,٧٦
حرارة المخزن ٣٢° ف صفر° م	١٠٠	٤,٥٨

أن مقدار الفرق في ضغط بخار الماء هو ١٤,١٨ ملم زئبق .

أما الحالة الثالثة وهي تبريد المحصول الى درجة حرارة المخزن ٣٢° ف فيكون الفرق في ضغط بخار الماء كما يلي : ـ

درجة الحرارة	نسبة الرطوبة ٪	ضغط بخار الماء (ملم زئبق)
حرارة المحصول ٣٢° ف	١٠٠ ٪	٤,٥٨
حرارة المخزن ٣٢° ف	١٠٠ ٪	٤,٥٨

أن مقدار الفرق في ضغط بخار الماء هو (صفر) ملم زئبق وهذا يعني عدم حدوث التبخر من المحصول لعدم وجود فرق في ضغط بخار الماء بين هواء المخزن والمسافات البينية للثمار .

إن فقدان أو انخفاض التبخر لا يعني ثبوت وزن الثمار دون فقدان . فبالرغم من ذلك أن الثمار تفقد من وزنها نتيجة فقدان المادة الجافة على شكل ثاني أوكسيد الكاربون نتيجة التنفس ولكن سرعة التنفس بدرجة الصفر المئوي تكون قليلة جداً وبذا يكون الفقد بالوزن تحت هذه الظروف قليلاً جداً .

٥ ـ الضغط الجوي : ـ

إن سرعة التبخر بصورة عامة تناسب عكسياً مع الضغط الجوي أي كلما زاد الضغط الجوي في المخزن قلت سرعة التبخر والعكس صحيح . فمثلاً عند خفض الضغط الجوي بمقدار ١٠ ٪ فان ذلك سيؤدي الى زيادة سرعة التبخر بمقدار ١٠ ٪ .

إن تأثير الضغط الجوي يمكن ملاحظته عند نقل المحاصيل بواسطة الطائرات خاصة المحاصيل سريعة التلف والازهار المقطوفة . إن الارتفاع الاعتيادي للطائرات هو ١٥٠٠ م وعند هذا الارتفاع يكون الضغط الجوي حوالي ٦٣٠ ملم زئبق بدلاً من ٧٦٠ ملم زئبق « عند مستوى سطح البحر » لذا يكون مقدار الفقد بالوزن أثناء الشحن بالطائرات أكثر من فقدان الوزن أثناء الشحن بالشاحنات بمقدار ٣٠ ٪ .

من العمليات التي تعتمد على مبدأ خفض الضغط الجوي عملية الخزن تحت جو هوائي مخلخل Hypobaric storage كذلك تبريد المحاصيل فجائياً بطريقة التفريغ Vocuum cooling

كيفية تقليل نسبة التلف

هناك بعض الخطوات التي يمكن اتباعها لتقليل نسبة تلف الحاصلات البستانية بعد الجني

١ ـ السيطرة على درجة الحرارة : ـ ان سرعة التلف كما ذكرنا انفا تزداد بارتفاع درجة الحرارة لذا لابد من تبريد المحاصيل بعد جنيها مباشرة لازالة حرارة الحقل منها ثم نقلها الى المخازن المبردة . يجب ان تخزن المحاصيل عند الدرجة المناسبة لكل محصول ومنع التذبذب في درجات الحرارة داخل المخزن لان تذبذب الحرارة يؤدي الى تكاثف بخار الماء على شكل قطرات على المحصول مما يسبب تلفه . كما يفضل عدم تعريض الثمار الى اشعة الشمس لانها تزيد من سرعة تلف

المحصول واصابة الثمار بلفحة الشمس Sun Scald ويزداد اثر لفحة الشمس مع المحاصيل الجذرية والدرنية التي تنمو تحت سطح الارض لان هذه المحاصيل تنمو بعيداً عن ضوء الشمس وعند تعريضها للضوء والحرارة تزداد سرعة التبخر والذبول فيها . كما ان لفحة الشمس تساعد على اخضرار بعض المحاصيل مثل البطاطا العادية نتيجة تكوين الكلوروفيل بفعل الضوء فتكون مادة السولانين Solanine وهي مادة سامة مرة الطعم تتكون عندما تزيد شدة الاضاءة على ٢٠ فولت/ شمعة

٢ ـ **السيطرة على نسبة الرطوبة** : ـ ان ترك المحصول ساعة واحدة بعد الجني في جو حار جاف يؤدي الى فقدان كمية من الرطوبة تضعف الكمية التي يفقدها هذا المحصول نفسه فيما لو خزن مدة اسبوع في مكان رطب .

أن معظم المحاصيل البستانية تحتاج عند خزنها الى رطوبة عالية تتراوح بين ٩٥ ـ ٩٨ ٪ باستثناء بعض المحاصيل مثل الثوم والبصل اليابس حيث تكون الرطوبة المناسبة لهما ٦٠ ـ ٧٠ ٪ لان زيادة الرطوبة لمثل هذه المحاصيل يسبب تلفها وانتشار المسببات المرضية لكونها في الأصل محاصيل قليلة الرطوبة فلا تحتاج الى رطوبة عالية عند خزنها

٣ ـ **الجنى في الموعد المناسب** : ان جني الثمار في مرحلة قبل اكتمال النمو يؤثر على القابلية التخزينية ويجعلها عرضة للاصابة بالاضرار الفسلجية . كذلك الحال عند حصاد الثمار بعد مرحلة النضج حيث تكون الثمار في هذه المرحلة طرية لاتقاوم الخزن لذا يجب جني الثمار في المرحلة المناسبة وخاصة مرحلة اكتمال النمو Maturation ويمكن التعرف على هذه المرحلة من معرفة نسبة المواد الصلبة الذائبة في الثمار أو صلابة الثمار وغيرها من مقاييس النضج

(٤) **العناية بالثمار أثناء الجنى والنقل** : ويتم ذلك باستخدام أفضل طرق الجنى التي تعطي أقل نسبة من الاضرار الميكانيكية للثمار .

كما يجب أن تجري العمليات الاخرى كالنقل والشحن باسرع وقت قبل تقدم عمليات النضج من جراء ارتفاع الحرارة الناتجة من تكديس المحاصيل . كما أن أختيار العبوات المناسبة وطرق التعبئة تعتبر من العوامل المحددة لتقليل نسبة التلف .

(٥) معاملة الثمار بالماء الحار بعد القطف :-

وهذه العملية محدودة لكونها تعالج التلف الذي ربما ينتج عن الاصابة الكامنة بالأحياء المجهرية وتتم بتغطيس المحاصيل في الماء الحار بدرجة ٥٠ م ، بعد قطفه مباشرة لبضع دقائق ثم تبريده بسرعة . ان هذه لعملية تؤدي الى قتل سبورات الاعفان المنتشرة على سطح الثمار .

٦ ـ تعقيم الثمار :-

تعتبر عملية تنظيف وتعقيم الحاصل من العمليات المهمة في تقليل نسبة التلف لما لها من دور كبير في منع انتشار الاحياء المجهرية من الثمار المصابة الى الثمار السليمة . وتتم عملية التعقيم باضافة بعض المعقمات الى الماء أثناء غسل الثمار كما يفضل أضافة بعض المبيدات الفطرية والبكتيرية للمحاصيل بعد جنيها مثل مواد التعقيم التالية : صوديوم أو رثوفنيل فينيت Sodium orthphenyl phenate (sopp) . (البينوميل) Benomyl وثاني أوكسيد الكبريت Sulphurdioxide (SO_2) وفورمات المثيل Methyl Formate وغيرها .

٧ ـ علاج الاضرار بعد الجني :-

ان عملية إلتئام الجروح في المحاصيل تتم في خطوتين وكما يلي :-
الخطوة الاولى تشمل عملية تكوين مادة السوبرين (Suberin) وتراكمها في جدران الخلايا المحيطة بالجروح لمنع فقدان الماء من الجروح وتسمى هذه العملية Suberization أما الخطوة الثانية فهي عملية تكوين الكامبيوم الفلينى Cork cambium الذي يقوم بانتاج الخلايا الفلينية من منطقة الجروح .

ان علاج الجروح يتطلب درجة حرارة معتدلة أو دافئة ورطوبة عالية لعدة أيام . ان تخفيف الحرارة الى الدرجة المناسبة للخزن يمنع عملية العلاج لذا يفضل ترك المحصول في المخزن بدرجة الحرارة المناسبة للعلاج لمدة كافية ثم تخفيض الحرارة الى درجة الخزن المناسبة . فمثلا فترة علاج البطاطا الاعتيادية المنتجة في العروة الربيعية هي ٤ ـ ٥ أيام بدرجة ١٥ ـ ٢٠ م ورطوبة ٩٠ ـ ٩٥ ٪ . أما البطاطا المنتجة في العروة الخريفية فان فترة العلاج تطول لمدة ١٠ ـ ١٤ يوم وبدرجة ٧ ـ ١٥ م ورطوبة ٩٠ ـ ٩٥ ٪ (Lutz and Hardenburg, 1977)

٨ ـ التشميع :ـ

وهي عملية طلاء سطح الثمار بطبقة رقيقة من الشمع بهدف سد الفتحات الطبيعية مثل الثغور والعديسات لتقليل عملية النتح أو التبخر أما أهم أنواع الشموع المستعملة لهذا الغرض فهو الكرنوبا Carnaubawax.

تضاف الشموع للمحاصيل السريعة الذبول بعد الجنى لعدم وجود طبقة شمعية كافية على سطح الثمار مثل الخيار ، الفلفل ، الحمضيات ، التفاح صنف Golden delicious والكمثرى .

٩ ـ التعبئة في عبوات مانعة لفقدان لرطوبة :ـ

يفضل استخدام عبوات أو أكياس من البلاستيك (Poly ethylene) لتعبئة الثمار لان هذه العبوات تقلل من فقدان الرطوبة ولكن يجب ازالة حرارة الحقل قبل التعبئة بمثل هذه العبوات لانها تمنع أو تعرقل حركة الهواء داخل الصناديق . وتمنع ملامسة الهواء البارد للثمار بصورة مباشرة مما يؤخر عملية التبريد كذلك يجب تثقيب هذه الاكياس للسماح بالتبادل الغازي لمنع تجمع غاز ثاني اوكسيد الكاربون أو الاثلين مما يسبب اضرار فسلجية للثمار ويؤدي الى تلفها .

١٠ ـ تنظيم حركة الهواء داخل المخزن :ـ

لقد ذكرنا سابقاً أن حركة الهواء ضرورية في مخازن التبريد وذلك للحفاظ على درجة الحرارة بصورة منتظمة داخل المخزن .

ولكن يجب تخفيض سرعة الهواء بمجرد وصول الثمار المخزونة لدرجة حرارة المخزن لان الهواء السريع يؤدي الى زيادة التبخر .

١١ ـ انتاج أصناف تتحمل الخزن الطويل :ـ

هناك أصناف تتحمل الخزن الطويل وأخرى لاتتحمل الخزن ضمن نفس النوع لذا يفضل تشجيع زراعة الاصناف التي تتحمل الخزن الطويل أو نقل هذه الصفة الى الاصناف الاخرى عن طريق التهجين .

١٢ ـ السيطرة على نمو وانتشار الاحياء المجهرية على الثمار :ـ

تعتبر الاحياء المجهرية من أهم أسباب تلف الثمار بعد القطف لانها تسبب فقدان القيمة النوعية للثمار . كما أن قسما من الاحياء المجهرية يفرز أنواعا من الانزيمات تدعى أنزيمات التحلل Hydrolytic Engymes في الثمار المصابة فيصعب تصنيع الثمار لان هذا النوع من الانزيمات يقاوم الحرارة فلا يزول تأثيرها عند التعليب . لذا نجد أن المعلبات المصنعة من ثمار مصابة بالاحياء المجهرية تتلف وتتحلل بسرعة بعد التعليب لان حرارة التعقيم لاتقتل هذه الانزيمات FAO, 1981 .

تنتقل الاحياء المجهرية الى الثمار المخزونة عن طريق الاصابة الكامنة Latent infection حيث يخترق العفن الطبقة الشمعية المغطية لسطح الثمرة ثم يكمن بين الطبقة الشمعية والبشرة دون نمو الى حين توفر الظروف المناسبة كارتفاع الحرارة والرطوبة .

وقد تدخل الاحياء المجهرية الى داخل الثمار السليمة من خلال الفتحات الطبيعية كالثغور والعديسات أو خلال ندبة الساق التي كانت تربط الثمرة بالنبات .

وهناك احياء مجهرية لاتستطيع مهاجمة الثمار السليمة القوية لكنها تبقى ساكنة على سطح الثمرة بانتظار فرصة ضعف الثمرة وزوال مقاومتها أو اصابتها بالاضرار الميكانيكية مثل الجروح والرضوض وعندها تنشط هذه الاحياء فتهاجم الثمار وتسبب تلفها ومن بين هذه الاحياء المجهرية الانواع التالية من الاعفان :ـ

البنسليم Penellium ، والرايزوبس Rhizopus

والانواع التالية من البكتريا ، أروينا Erwinia ، البسلس Bacillus يمكن تقليل التلف الناتج من الاحياء المجهرية بازالة وعزل الثمار المصابة وعدم خلطها مع الثمار السليمة اثناء القطف والخزن . كما يجب تبريد الثمار بعد قطفها مباشرة (التبريد المبدئي) لان ذلك يوقف نمو ونشاط الاحياء . كذلك استعمال المبيدات الكيمياوية المجازة صحياً في مكافحة الاحياء المجرية قبل القطف وبعده .

الفصل الثاني عشر

قطف واعداد وخزن بعض أنواع الفواكه والخضر

تعتبر عملية الجني أو قطف الثمار من العمليات البستنية الهامة لما لها من دور في المحافظة على المحصول من التلف وزيادة قابليته الخزنية . لذا يجب العناية بالثمار عند قطفها واستعمال أفضل طرق الجني التي تعطي أقل نسبة من الضرر .

ان طرق الجني القديمة تعتبر غير مجدية لكونها مكلفة كما أنها تسبب أضرار ميكانيكية للاشجار والثمار وخاصة طريقة ضرب فروع وأغصان الاشجار بالعصي الطويلة . حيث يمكن الاستعاضة عنها باستعمال السلالم الخشبية أو سلالم الالمنيوم للوصول الى قمة الشجرة وجمع الحاصل . ان سلالم الالمنيوم أقل وزناً من السلالم الخشبية كما تكون ذات ركائز ثلاثية يمكن أن ترتكز على الارض دون الاستناد الى الاشجار وهذه الطريقة تعتبر وسيلة جيدة القطف معظم أنواع ثمار الفاكهة خاصة الحمضيات والكمثرى والتفاح .

أما حالياً فقد استعملت الرافعات الهيدروليكية لايصال العامل الى قمة الشجرة كما في حداد التمور . كذلك تستعمل رافعات ذات مستويات متعددة يقف عليها العمال لجني الثمار كما في جني ثمار التفاح . كما تم استعمال مكائن هز الاشجار ميكانيكياً وجمع الثمار على خيمة من القماش أو البلاستيك كما في جني ثمار الكرز والجوز واللوز .

أن عملية الجني الالي لثمار الفاكهة لازالت مقتصرة على بعض أنواع الفاكهة التي تستخدم للتصنيع أو عمل العصير مثل العنب وبعض انواع اللوريات أما فيما يخص محاصيل الخضر فيمكن حصاد معظمها ميكانيكيا كما في ثمار الطماطة والبطاطا والفاصوليا الخضراء والبزاليا والخيار والذرة لحلوة . وهناك أنواع أخرى من الخضر تحتاج الى مثل الخس والنهانة والبطيخ والرقي والجزر وغيرها .

(Ryall and lipton 1979)

فوائد الجني الآلي : ـ

١ ـ الجني الآلي يساعد على التوسع في زراعة العديد من محاصيل الفاكهة والخضر المعدة للاغراض الصناعية .

٢ ـ تقليل كلفة الانتاج من خلال تقليل عدد الايدي العاملة للتغلب على أرتفاع أجور العمال .

٣ ـ ان الجني الالي يساعد على جني المحصول في الوقت المناسب وبسرعة مما يقلل تلف الثمار بسبب عبورها مرحلة النضج .

٤ ـ يمكن اجراء العمليات التكميلية للجني مثل عمليات الفرز والتدريج والتعبئة على نفس ماكنة الجني كما في جني البطاطا والطماطة .

٥ ـ التغلب على مصاعب وخطورة الجني اليدوي حيث أن تسلق الاشجار وخاصة النخيل يعتبر من الاعمال الصعبة المحفوفة بخطورة السقوط على الارض .

وفيما يلي بعض الامثلة لجني واعداد وخزن بعض أنواع الفاكهة والخضر المهمة : ـ

اولاً ـ الفاكهة :

(١) التفاح والكمثرى Apples and Pears

تعتبر الطريقة اليدوية هي الشائعة لقطف ثمار التفاح والكمثرى في كثير من البلدان وخاصة النامية منها .

ان طريقة الجني اليدوي تعطي أقل نسبة لتلف الثمار لكنها تعتبر مكلفة لكونها تحتاج الى أيدي عاملة كثيرة .

أما الطرق الميكانيكية في جني ثمار التفاح والكمثري فهي محدودة جداً والسبب هو أن هذه الثمار حساسة للاضرار الميكانيكية مثل الرضوض نتيجة سقوط الثمار من الاشجار على الارض ولتلافي الاضرار الميكانيكية أجريت طريقة هز الاشجار وجمع الثمار فوق خيمة Shake-and-Catch* ان هذه الطريقة تمكن من جني ٩٥ ٪ من محصول الشجرة (Ryall and Penger, 1974).

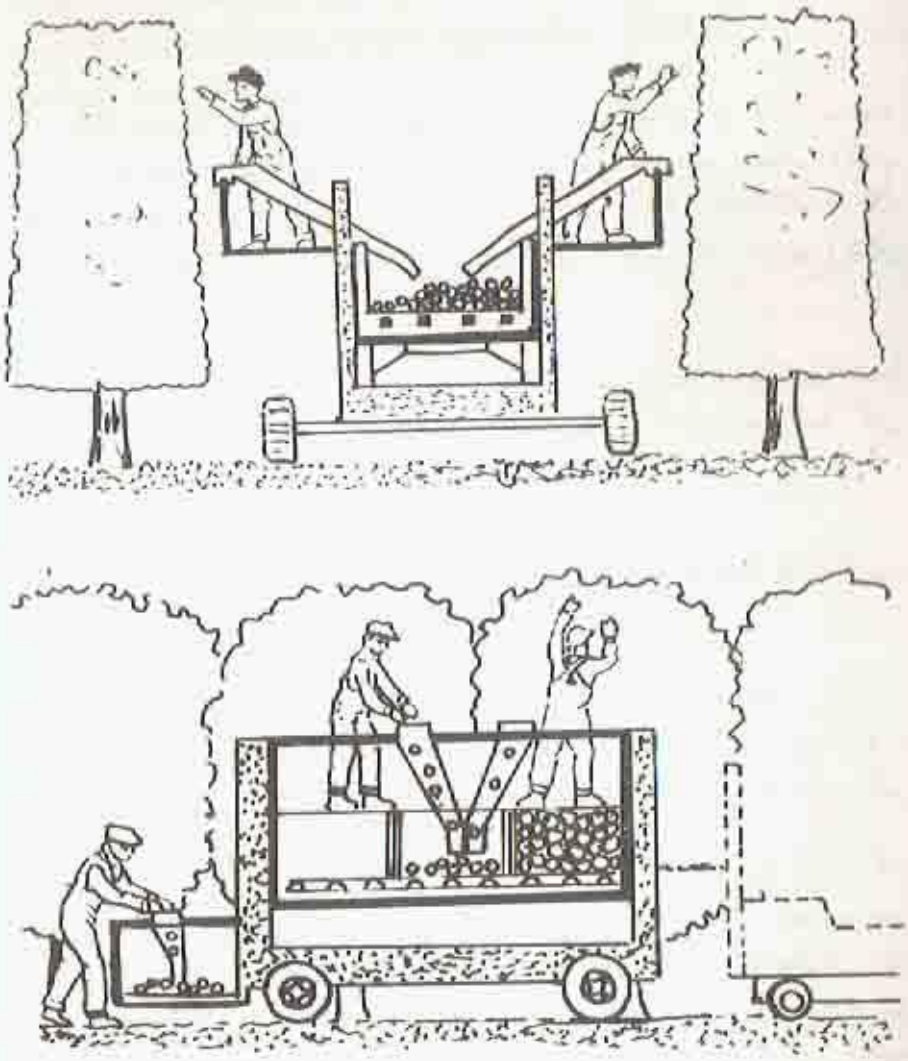
هناك طريقة جني نصف ميكانيكية وتتم بايصال العامل الى الثمار بواسطة سلالم ترفع وتخفض ميكانيكياً محمولة داخل عربة كبيرة تسير بين صفوف الاشجار كما تحتوي هذه العربة على أحزمة ناقلة لجمع الثمار في عبوات الحقل وتستخدم هذه الطريقة في جمع الثمار من الاشجار المزروعة على شكل حائط شجري (شكل ٢٩).

عموماً ان الثمار التي تستخدم للاستهلاك الطازج لابد من جنيها يدوياً كونها يجب أن تحتوي على مواصفات جيدة كالحجم واللون ودرجة النضج أما الثمار التي تستخدم للتصنيع أو التعليب فيمكن جنيها ميكانيكياً.

أما فيما يخص تعبئة الثمار فتستخدم الصناديق الخشبية أو صناديق الكارتون حيث تعبأ الثمار أما بطريقة نظامية (مرتبة) أو لانظامية.

أما بالنسبة للخزن فان أنسب الظروف الخزنية لثمار التفاح باستخدام المخازن المبردة هي خزن الثمار تحت درجة حرارة ٣١ ـ ٣٢ ف° (ـ ٠,٥ ـ صفر م°) ورطوبة نسبية ٨٥ ـ ٩٠ ٪ وعند هذه الظروف يمكن خزن التفاح لمدة ٢ ـ ٨ أشهر دون حدوث أي ضرر.

أما في حالة الخزن تحت جو هوائي معدل فتختلف أصناف التفاح التجارية فيما بينها من حيث نسبة الغازات المطلوبة ولكن بصورة عامة يمكن القول ان نسبة الاوكسجين لمعظم الاصناف هي ٢ ـ ٣ ٪ ونسبة ثاني أوكسيد الكاربون تتراوح بين ١ ـ ٥ ٪ عدا الصنف Yellow NewTown الذي يحتاج الى ٧ ـ ٨ ٪ ثاني أوكسيد الكاربون. أن أهمية خزن التفاح في جو هوائي معدل هو أطالة عمر الثمار الى فترة تقارب (١٢) شهراً مما يجعل الثمار متوفرة في السوق على مدار السنة كذلك منع أو تقليل حدوث بعض الاضرار الفسلجية مثل الانهيار الداخلي ولفحة الخزن كذلك



شكل (٣٩) يوضح طريقة الحصاد نصف الميكانيكي للاشجار المزروعة على هيئة حائط شجيري (الماني ١٩٨٥) .

يمكن خزن التفاح تحت جو هوائي مخلخل حيث وجد أن ثمار التفاح المخزونة قد قاومت النضج واحتفظت بصلابتها لمدة (٩) أشهر . كما أن الخزن في جو هوائي مخلخل منع حدوث الاضرار الصلجية . وعند مقارنة نتائج الخزن في جو هوائي معدل مع الخزن في جو هوائي مخلخل نجد أن بعض الاصناف تقل فيها نسبة الاصابة بالاضرار الصلجية الى ٥٠ ٪ عند خزنها تحت ظروف الجو الهوائي المعدل في حيث لاتحدث هية اصابة تحت ظروف الجو الهوائي المخلخل للصنف نفسه في الثمار في مدة الخزن نفسها .

أما فيما يتعلق بخزن ثمار الكمثرى فان الاحتياجات الخزنية لثمار الكمثرى مقاربة لاحتياجات ثمار التفاح فعند استخدام المخازن المبردة يفضل خزن الثمار عند درجة حرارة ٢٩ ـ ٣٧ ف° (ـ ١٫٧ الى ـ ٠٫٥ م°) ورطوبة نسبية ٩٠ ـ ٩٥ ٪ وفي هذه الظروف يمكن خزن ثمار الكمثرى لمدة (٢ ـ ٧) أشهر

تعتبر طريقة الخزن تحت جو هوائي معدل محدودة الاستعمال في ثمار الكمثرى وذلك لصلاحية الخزن المبرد للثمار كما يمكن تهيئة ظروف مشابهة لظروف الجو الهوائي المعدل وذلك بتبطين صناديق التعبئة باكياس من البلاستيك فتؤدي الى رفع نسبة ثاني أوكسيد الكاربون الناتج من التنفس وتقليل نسبة الاوكسجين نتيجة استهلاكه بعملية التنفس . وعلى أية حال فان أفضل ظروف الخزن في الجو الهوائي لمعدل لثمار الكمثرى وخاصة الصنف بارتليت Bartlett هو ٥ ٪ ثاني أوكسيد الكاربون و ١ ٪ أوكسجين ودرجة حرارة ٣٠ ـ ٣٢ ف° (Ashrae, 1978) .

أما خزن ثمار الكمثرى في جو هوائي مخلخل فقد ساعد على اطالة فترة الخزن من ٣٫٥ شهر الى (٨) أشهر عند تخفيض الضغط الجوي من (٦٤٦) الى (١٠٣) ملم زئبق مع احتفاظ الثمار بلونها الاخضر لمدة خمسة أشهر وهذا يعني تأخير تحلل الكلوروفيل . كما يساعد على منع فقدان السكريات من الثمار المخزونة .

٢ ـ المشمش Apricots

يعتبر الجني الميكانيكي الطريقة المثلى لجني ثمار المشمش والسبب هو ان (١٠ ٪) من الثمار تستعمل للاستهلاك الطازج و (٩٠ ٪) تستخدم للتصنيع كالتعليب والتجفيف وعمل العصير والمربيات . وتتلخص عملية الجني الميكانيكي

بهز الاشجار والفروع وجمع الثمار على خيمة Shake and Catch وتجرى هذه العملية مرتين . الاولى عند نضج الثمار العلوية والموجودة على محيط الشجرة اما الثانية فبعد اكتمال نضج باقي الثمار . كما يمكن جني الثمار مرة واحدة بعد ان ينضج معظم المحصول وفي هذه الحال سيتساقط (١٠ ٪) من الثمار التي نضجت اولاً وتبقى (١٠ ٪) من الثمار الخضراء و (٨٠ ٪) من المحصول يكون في مرحلة الجني المناسبة .

تعتبر ثمار المشمش من المحاصيل السريعة التلف والتي تتميز بالارتفاع المفاجيء في سرعة التنفس لذا فان فترة خزنها تكون قليلة .

على اية حال يمكن خزن ثمار المشمش مدة اسبوع او اسبوعين في المخازن المبردة تحت درجة حرارة (٣١ ـ ٣٢) ف° (ـ ٥ر٠ ـ صفر) م° ورطوبة نسبية ٩٠ ٪

ولكون فترة خزن ثمار المشمش قليلة في المخازن المبردة لذا يفضل استخدام الطرق الاخرى للخزن . ففي الخزن تحت جو هوائي معدل امكن خزن الثمار لمدة (٥٣) يوماً تحت درجة (صفر الى ٥م°) و (٢ ـ ٣ ٪) اوكسجين و (٢ ـ ٣ ٪) ثاني اوكسيد الكاربون و (٩٠ ٪) رطوبة نسبية .

اما فيما يخص الخزن في جو هوائي محلخل فان هذه الطريقة تعتبر افضل الطرق لخزن ثمار المشمش لانها تساعد على اطالة فترة الخزن ومنع فقدان صلابة الثمار . حيث وجد ان خفض الضغط الجوي الى (١٠٢) ملم زئبق ادى الى اطالة فترة الخزن لمدة (٩٠ يوماً) مع بقاء الثمار صالحة للتسويق . كذلك تأخير تراكم صبغة الكاروتين بمقدار ٦٠ يوماً كما قلل من سرعة فقدان السكريات والاحماض العضوية في الثمار المخزونة .

٣ ـ العنب Grapes

تعتبر الطريقة اليدوية في قطف العنب مكلفة جداً حيث تصل كلفة القطف الى اكثر من نصف كلفة الانتاج لذا نجد ان القطف اليدوي يكون مقتصراً على الاصناف التي تستخدم للاستهلاك الطازج لان القطف الميكانيكي يسبب تعرط الحبات من العنقود فلا يصلح للمادة (استهلاك طازج) .

تتلخص عملية الجني الميكانيكي للعنب باستخدام قاطفة ميكانيكية تقوم بهز الاغصان المرباة على الاسلاك وجمع حبات العنب على خيمة تمتد تحت اسلاك التربية وتتحرك الخيمة على شكل حزام ناقل تجمع العنب في صناديق حقلية كبيرة ان سرعة القطف بهذه الماكنة حوالي (٤٠٠٠) في الساعة الواحدة (Clest wood, (1978) يعتبر القطف الميكانيكي للعنب من افضل الطرق لان نصف كميات العنب المنتجة عالميا تستخدم لانتاج المشروبات الكحولية وثلثها للتجفيف والمتبقي للاستهلاك الطازج والذي يتطلب الجني اليدوي . ويتم الجني اليدوي بقص العناقيد يدويا بواسطة المقصات ثم ازالة الثمار الجافة والمصابة وبعدها ينقل الى مكان ظليل حيث يفرز ويعبأ الحاصل في عبوات حقلية وغالبا ماتكون عبارة عن اقفاص في قاعدتها طبقة من القش ثم يعبأ العنب في اقفاص او سلال صغيرة عندما يراد شحنه الى مسافات قصيرة اما العنب المعد للشحن لمسافات طويلة او للتصدير فيعبا في عبوات من الكارتون او صناديق خشبية .

يجب معاملة ثمار العنب الاوربي بغاز ثاني اوكسيد الكبريت لمنع تعفن الثمار اثناء الخزن او الشحن تعامل الثمار بهذا الغاز بعد تعبئتها مباشرة وقبل تبريدها بتركيز (٢٠ ٪) حجما لمدة (٢٠) دقيقة وفي حالة خزن الثمار لفترة طويلة تعاد المعاملة كل (٧ ـ ١٠) ايام بتركيز (٠,٢٥ ٪) من حجم غرفة الخزن وذلك لقتل السيورات التي لم تقتل خلال عملية التعقيم السابق .

يمكن خزن العنب الاوربي في المخازن المبردة لمدة (٣ ـ ٦) اشهر تحت درجة حرارة (٣٠ ـ ٣١) ف (ـ ١) الى (ـ ٠,٥) م ورطوبة نسبية ٩٠ ـ ٩٥ ٪ وتعتبر هذه الطريقة هي المثلى لخزن العنب مقارنة بطرق الخزن الاخرى وخاصة الخزن تحت جو هوائي معدل لانها لاتلائم الثمار بسبب معاملتها بغاز ثاني اكسيد الكبريت .

٤ ـ التمر Dates

يستهلك الانسان التمور في مراحل نضج مختلفة فمنها مايستهلك وهو رطب ومنها نصف جاف والقسم الاخر جاف وهذا يعني ان لابد من استخدام طريقة الجني اليدوي في الثمار الرطبة حيث يتم جني التمار ذات المواصفات المطلوبة دون الاخرى وهذا يعني تكرار عملية الجني عدة مرات وهذا بطبيعته مكلف جدا من الناحية الاقتصادية .

اما الأصناف الجافة ونصف الجافة فتقص اعذاقها بعد اكتمال نضجها وتنزل بواسطة سلال الى اسفل النخلة مع وضع اغطية من البلاستيك اسفل النخلة لجمع الثمار المتساقطة اثناء جذ الاعذاق.

اما الطريقة الميكانيكية في جني التمور فتتلخص بوجود عربة خاصة تحتوي على برج يرتفع الى اعلى النخلة حيث يتم قص الاعذاق يدوياً ثم توضع في البرج وتنزل الى ماكنة تقوم بهز الصندوق مما يؤدي الى تساقط الثمار التي تجمع في سلال خاصة وترسل الى بيوت التعبئة. وجد ان افضل طريقة لفصل الثمار عن العذق في صنف التمر دكلة نور Deglet Noor هو استخدام هزاز الي يعمل على هز العذق راسياً بمعدل ٧٠٠ لفة/ في الدقيقة وبهذه الطريقة لايحدث اي تلف للثمار وتم فصل جميع الثمار في ثانية او ثانيتين.

ان انسب ظروف خزن مبرد للتمر هو خزنها تحت درجة حرارة ٣٢ف (صفر م) ورطوبة نسبية قليلة ٧٥ ٪ لكون الثمار تحتوي على نسبة قليلة من الرطوبة وتحت هذه الظروف يمكن خزن التمور مدة (٦ اشهر - او ١٢) شهرا دون تلف. كما يمكن اطالة مدة الخزن تحت ظروف الجو الهوائي المعدل عند درجة حرارة (صفر - ٢٥م) و (١٠ ٪) اوكسجين و (٢٠ ٪) ثاني اوكسيد الكاربون.

٥ - الحمضيات Citrus

تعتبر الطريقة اليدوية في جني ثمار الحمضيات هي المثلى خاصة في الثمار المستخدمة للاستهلاك الطازج لان ثمار الحمضيات حساسة للمرض أثناء القطف لكون قشرتها ممتلئة بالماء.

أما في حالة التصنيع فيمكن قطف الثمار ميكانيكيا بواسطة هز الاشجار والأغصان أو استخدام مكائن ذات تيار هوائي قوي أو استخدم بعض المواد الكيمياوية المشجعة لتساقط الثمار مثل مادة Cycloheximide

بعد القطف توضع الثمار في صناديق الشحن وترسل الى بيوت التعبئة لغرض العزل والتدريج والتعبئة في عبوات الخزن.

هناك عدة طرق لخزن ثمار الحمضيات منها طرق بدائية مثل ترك المحصول على الاشجار أو خزن المحصول في القش أو التبن وفي هذه الحالة تكون نسبة التلف عالية مقارنة بطرق الخزن الحديثة .

إن معظم الحمضيات تستجيب للخزن المبرد وخاصة البرتقال حيث يمكن خزنه لمدة (٣ ـ ٨) اسابيع تحت درجة حرارة (٣٢° ف) صفر° م ورطوبة نسبية (٨٥ ـ ٩٠ ٪) وفيما يتعلق بالجو الهوائي المعدل فان ثمار الحمضيات حساسة لارتفاع أو انخفاض نسبة الغازات في جو المخزن فقد وجد أن ثمار البرتقال يمكن خزنها لمدة (٥ أشهر) بحالة جيدة عندما تكون نسبة الاوكسجين (١٢,٥ ٪) ونسبة ثاني أوكسيد الكاربون (٧,٥ ٪) بينما اذا انخفضت نسبة الاوكسجين الى ٨ ٪) وارتفعت نسبة ثاني اوكسيد الكاربون الى (١٣ ٪) فان ذلك سيؤدي الى تكوين طعم غير مقبول اضافة الى تلف قشرة الثمرة . أما ثمار الليمون والكريب فروت فلا ينصح خزنها في الجو الهوائي المعدل لانها تصاب بلفحة الخزن وانخفاض نسبة العصير يضاف الى ذلك أن خزن الثمار وهي خضر في مرحلة البلوغ تحت نسبة عالية من ثاني اوكسيد الكاربون تجعل من الصعب إنضاج هذه الثمار صناعياً لانه يمنع زوال اللون الاخضر من القشرة .

(Haard etal 1975)

تعتبر ظروف الخزن في جو هوائي مخلخل ملائمة لمعظم أنواع الحمضيات وخاصة اللايم lime's وهو صنف تاهيتي Tahiti حيث يمكن خزنه لمدة ٨ ـ ١٠ أسابيع دون حدوث أي تلف أو ضرر فسلجي مع احتفاظ الثمار بمحتواها من فيتامين "C" دون فقدان . كذلك يستعمل الخزن في جو هوائي مخلخل بنجاح الثمار الكريب فروت حيث يمكن خزنها لمدة (٣ ـ ٤) أشهر مع احتفاظها بنكهة عالية . أما اذا اخزنت في الجو المبرد فانها تفقد نكهتها وقيمتها الغذائية بعد (٣٠) يوم من الخزن . (العاني ١٩٨٥)

٦ ـ الموز Banana

تقطف ثمار الموز بعد اكتمال حجمها ويعرف ذلك من تحول محيط الثمرة الى شكل مستدير او اسطواني مع زوال الاضلاع او الزوايا على جوانب الثمرة .

ان ثمار الموز حساسة للرضوض لها لابد من القطف اليدوي ويتم ذلك بقص الاغلاق بسكاكين خاصة ثم تعبئة هذه الاغلاق في صناديق قياسية من الكارتون سعة الصندوق (١٨) كغم .

تخزن ثمار الموز في الغرف المبردة مدة شهر أو شهرين تحت درجة (٥٥ ـ ٥٨)ف (١٣ ـ ١٤,٥م) ورطوبة نسبية (٩٠ ـ ٩٥ ٪) . كما يمكن اطالة فترة الخزن باستعمال الجو الهوائي المعدل تحت درجة (١٢ ـ ١٥) م و (٢ ـ ٥ ٪) اوكسجين و (٢ ـ ٥ ٪) ثاني اوكسيد الكاربون ورطوبة نسبية (٩٠ ـ ٩٥ ٪) . أما في حالة خزن ثمار الموز تحت ظروف الجو الهوائي المخلخل فقد امكن من أطالة مدة الخزن الى (٩٠ ـ ١٥٠) يوم خاصة للصنف valery .

٧ ـ الخوخ Peaches

تمتاز اشجار الخوخ بكونها لاتتحمل عمليات الهز الميكانيكي بسبب عدم تحمل قلف الاشجار لاجهزة الهز وسرعة اصابة القلف المتضرر بالتصمغ والامراض الاخرى . ومع ذلك فان ٥٠ ٪ من المحصول المعد للتصنيع يقطف ميكانيكيا بنفس طريقة قطف المشمش . اما الجزء الاخر من الثمار (٥٠ ٪) فيتم جمعه يدويا للاستهلاك الطازج .

ان ثمار الخوخ لاتختلف عن ثمار المشمش في احتياجاتها الخزنية وخاصة عند الخزن المبرد حيث تعتبر ظروف الخزن المبرد التالية هي المثلى لخزن ثمار الخوخ (٣١ ـ ٣٢) ف (ـ ٠,٥ ـ صفرم) ورطوبة نسبية (٨٥ ـ ٩٠ ٪) حيث يمكن خزن الثمار من اسبوع الى اربعة اسابيع تحت هذه الظروف .

وللحصول على مدة خزنية اطول يمكن خزن الثمار تحت ظروف الجو الهوائي المعدل حيث ان استجابة ثمار الخوخ لهذه الطريقة اكثر من ثمار المشمش . وتفضل ثمار الخوخ درجة حرارة (صفر ـ ٥م) ونسبة اوكسجين (١ ـ ٢ ٪) و (٥ ٪) ثاني اوكسيد الكاربون ورطوبة نسبية (٩٠ ٪) وتحت هذه الظروف يمكن خزن الثمار لمدة (٦٠) يوما . اما الطريقة المثلى لخزن ثمار الخوخ فهي الخزن تحت جو هوائي مخلخل حيث يمكن خزنها لمدة (٣) اشهر وذلك تحت ضغط جوي (١٠٢) ملم زئبق خاصة عندما تخزن الثمار في مرحلة النضج الفسلجي Maturation حيث

ادى الخزن الى تأخير تراكم صبغة الكاروتين لمدة ٤٥ يوما والحفاظ على مستوى السكريات لمدة (٧٥) يوما دون انخفاض .

٨ ـ الزيتون Olives

ان معظم حاصل الزيتون يستعمل لاغراض التعليب او استخراج الزيت لذا فان عمليات الجني الميكانيكي هي المتبعة لجني الزيتون ويتم ذلك باستخدام مكائن جني من نوع Shake and catch شكل (٣٠) تقوم بهز الغصون وجمع المحصول ويكون مدى الاهتزاز فيها من (٣ ـ ٤) انج وبمقدار (١٢٠٠) دورة في الدقيقة حيث يستعمل ماسك لجذع الشجرة مبطن من الداخل بالمطاط او الجلد لمنع الضرر الذي يحدث لجذع الشجرة . ويتم جمع الثمار على حزام ناقل يكون ملحقاً بماكنة الجني وكما توجد مروحة قوية لازالة الاوراق والاغصان الصغيرة والشوائب من الثمار اثناء سقوطها من الحزام الناقل الى الصناديق الحقلية .

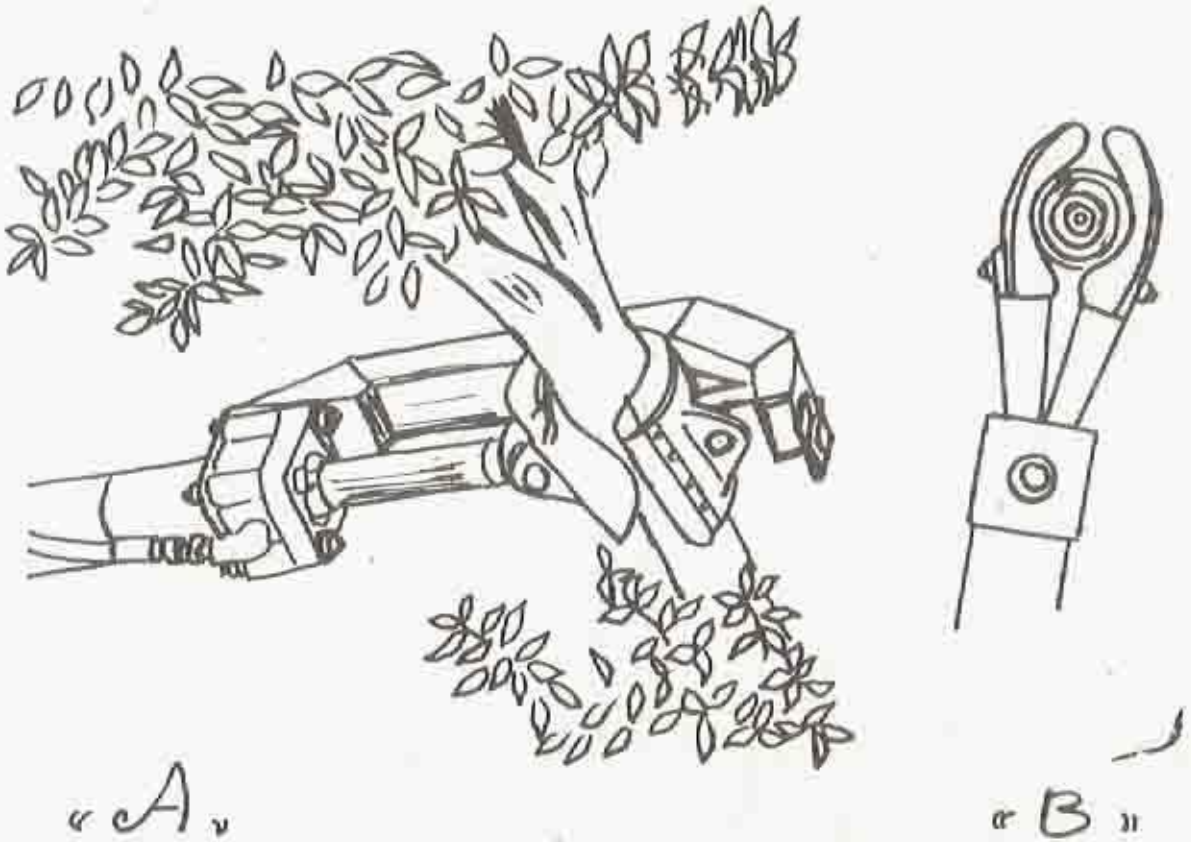
إن استجابة ثمار الزيتون للخزن تحت جو هوائي معدل قليلة لذا يفضل خزنها في المخازن المبردة تحت درجة حرارة (٤٥ ـ ٥٥ ف)(٧,٢ ـ ١٢,٨ م)ورطوبة (٨٥ ـ ٩٠ ٪) وعند هذه الظروف تتحمل الخزن لمدة (٤ ـ ٦) أسابيع .

ثانياً ـ الخضر

١ ـ الطماطة Tomatos

إن أصناف الطماطة المخصصة للاستهلاك الطازج لابد من جنيها يدوياً . حيث تقطف إما في مرحلة النضج الاخضر أو النضج الكامل اعتماداً على مسافة الشحن أو مدة الخزن وغيرها . لذا لا يمكن استعمال الجني الميكانيكي لهذه الاصناف . أما الاصناف المخصصة للتصنيع والتي تشكل غالبية أصناف الطماطة فانها تقطف ميكانيكيا بواسطة ماكنة خاصة تقوم بقطع النبات عن سطح التربة ورفعها مع الثمار على حزام ناقل هزاز على شكل قضبان بينهما مسافة كافية لنزول الثمار الى أحزمة اخرى تتوزع على جانبي الحاصدة .

تتم عملية الفرز على الحاصدة مباشرة بواسطة عمال يقفون على جوانب الاحزمة الناقلة ويلتقطون الثمار التالفة لابعادها بينما تجمع الثمار الجيدة في صناديق حقلية



شكل (٣٠) يوضح كيفية اجراء الحصاد الميكانيكي بطريقة هز الأشجار .
- يستعمل لهز الافرع
- لهز الساق الرئيسي (المانى ١٩٨٥) .